

# **Lämpökameran käyttö kuljetuskaluston vikojen havaitsemisessa ja ennaltaehkäisyssä**

Arttu Rantakoski

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2020  
Tekniikan ala  
Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Rantakoski Arttu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 67	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Lämpökameran käyttö kuljetuskaluston vikojen havaitsemisessa ja ennaltaehkäisyssä</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pesonen Juha, Pakarinen Risto		
Toimeksiantaja(t) Sampo Prosi Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää menetelmiä käyttää lämpökameralaitteistoja kuljetuskaluston vikojen havaitsemisessa ja ennaltaehkäisyssä. Lämpökuvaus toteutettiin lämpökuvaamalla toimeksiantaja Sampo Prosi Oy:n kuljetuskalustoa kesällä 2019 sekä talvella 2020.</p> <p>Lämpökameralla tutkittiin kuorma-autojen sekä perävaunujen alustan osia kuten navat, renkaat, vanteet sekä jarrut. Lisäksi tutkittiin myös kuljetuskaluston kuormatiloja kosteusvaurioiden ja lämpövuotojen osalta. Lämpökuvia otettiin mahdollisimman monesta yhdistelmäajoneuvosta ja mahdollisimman monta kertaa, jotta lämpödataa kertyisi tarpeeksi opinnäytetyötä varten.</p> <p>Lämpökuvauksessa käytettiin FLIR E53 -lämpökameraa ja lämpökuvien analysoinnissa käytettiin FLIR Tools -ohjelmistoa. Analysoidut lämpötilat kerättiin Excel-taulukkoon, josta lämpötiloja oli helpompi tutkia kokonaisvaltaisesti.</p> <p>Tutkimuksen aikana ajoneuvojen alustoista ei löydetty juuri minkäänlaisia vikoja. Lämpökuvia otettiin yhteensä yli 1200 kappaletta, joten suuri osa kuljetusliikkeen kalustosta tuli lämpökuvattua monta kertaan. Suuren lämpötiladatan avulla oli helpompi selvittää, millaisia lämpötiloja ajoneuvoista mitattiin, kun ne ovat kunnossa tai vaurioituneita.</p> <p>Opinnäytetyössä saatuja tuloksia lämpökameran käytettävyydestä kuljetuskaluston vikojen havaitsemisessa ja ennaltaehkäisyssä tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa kuljetuskaluston huoltoprosessissa sekä tarvittavan lämpökameralaitteiston hankinnassa.</p>		
Avainsanat (asiasanat)  Kuljetuskalusto, lämpökuvaus, lämpötutkimus		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Rantakoski Arttu	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 67	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Use of a thermal camera for detecting and preventing faults in transport equipment</b>		
Degree programme Degree Programme in Logistics		
Supervisor(s) Pesonen Juha, Pakarinen Risto		
Assigned by Sampo Prosi Oy		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to examine and develop methods of using thermal camera equipment in detecting and preventing faults in transport equipment. Thermal imaging of the Sampo Prosi Oy's transport equipment was performed in the summer of 2019 and in the winter of 2020.</p> <p>The thermal camera was used to examine the chassis parts of trucks and trailers, such as hubs, tires, rims and brakes. In addition, the load compartments of the transport equipment were also examined for moisture damage and thermal leaks. Thermal images were taken of as many combination vehicles as possible and as many times as possible to accumulate enough thermal data for the thesis.</p> <p>A FLIR E53 thermal camera was used for thermal imaging, and the FLIR Tools software was used for the thermal imaging analysis. The analysed temperatures were collected in an Excel sheet from which it was easier to examine the temperatures comprehensively.</p> <p>During the study, no defects were found in the vehicles' chassis. A total of more than 1200 thermal images were taken, so that a large part of the transport company's equipment came under thermal imaging many times. The high temperature data made it easier to determine which temperatures were measured from the vehicles when they were in good condition or damaged.</p> <p>The results obtained in the thesis on the usability of a thermal camera in detecting and preventing faults in transport equipment will be utilized in the future in the maintenance process of transport equipment and in the acquisition of the necessary thermal camera equipment.</p>		
Keywords/tags (subjects) Transport equipment, thermal imaging, thermal research		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>5</b>
1.1	Tutkimuskysymykset .....	6
1.2	Tutkimuksen tavoitteet .....	6
1.3	Tutkimusmenetelmä ja -strategia .....	7
<b>2</b>	<b>Toimeksiantaja .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Lämpökuvaus .....</b>	<b>9</b>
3.1	Lämpösäteily.....	9
3.2	Lämpökamera.....	9
3.3	Emissiivisyys .....	10
3.4	Optiikka.....	11
3.5	Historia .....	12
<b>4</b>	<b>Tyypilliset lämpötilaa muuttavat viat .....</b>	<b>12</b>
4.1	Laakeriviat .....	13
4.2	Jarruviat.....	13
4.3	Rengasongelmat.....	14
<b>5</b>	<b>Tutkimusvälineet .....</b>	<b>15</b>
5.1	FLIR E53 .....	15
5.2	FLIR Tools.....	16
<b>6</b>	<b>Ajoneuvojen lämpökuvaaminen .....</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Analysointi ja tulokset .....</b>	<b>18</b>
7.1	Napalämpötilat.....	19
7.2	Jarrulämpötilat .....	24
7.3	Jarrujen lämpötilan vertailu katsastuspöytäkirjan arvoihin nähden .....	26
7.4	Renkaan paineen laskemisen vaikutus lämpötilaan .....	29
7.5	Kuormatilat.....	35
7.5.1	Kosteusvauriot.....	35
7.5.2	Eristeiden tutkiminen .....	37

7.6	Muita kohteita .....	42
<b>8</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>48</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>51</b>
	<b>Liitteet.....</b>	<b>53</b>
	Liite 1. Excel-taulukko alustojen lämpötiloista .....	53
	Liite 2. Jarrupöytäkirja Scania R 2018 .....	63
	Liite 3. Jarrupöytäkirja Ekeri 2000.....	64

## Kuviot

Kuvio 1. Mittaukseen vaikuttavat heijastukset .....	11
Kuvio 2. FLIR E53 -lämpökamera .....	15
Kuvio 3. Kuvakaappaus FLIR Toolsista .....	16
Kuvio 4. Ajoneuvojen lämpökuvaus .....	18
Kuvio 5. Esimerkki napojen erovaisuuksista .....	19
Kuvio 6. Napojen osista käytettävät termit .....	20
Kuvio 7. Kuorma-autojen etuakseleiden napalämpötilat kesällä .....	21
Kuvio 8. Kuorma-autojen etuakseleiden napalämpötilat talvella.....	21
Kuvio 9. Kuorma-autojen vetoakseleiden napalämpötilat kesällä .....	22
Kuvio 10. Kuorma-autojen vetoakseleiden napalämpötilat talvella.....	22
Kuvio 11. Perävaunujen napalämpötilat kesällä .....	23
Kuvio 12. Perävaunujen napalämpötilat talvella .....	23
Kuvio 13. Emission vaikutus jarrulevyssä .....	25
Kuvio 14. Oikea eturengas 890 kPa .....	30
Kuvio 15. Oikea eturengas 790 kPa .....	31
Kuvio 16. Oikea eturengas 690 kPa .....	31
Kuvio 17. Oikea eturengas 640 kPa .....	32
Kuvio 18. Rengaspaineet .....	32
Kuvio 19. Renkaiden lämpötilat .....	33
Kuvio 20. Renkaiden lämpötilaero .....	34
Kuvio 21. Kosteusvaurio kylkioven keskiosissa .....	36
Kuvio 22. Kosteusvaurio kylkioven yläosissa.....	36
Kuvio 23. FNA-kuormatilan sivuovet.....	38
Kuvio 24. FNA-kuormatilan sivuovet.....	38
Kuvio 25. Kiinteäseinäinen FRC-perävaunu .....	39
Kuvio 26. Kiinteäseinäinen FRC-perävaunu .....	40
Kuvio 27. FRC-kuormatilan takaovet.....	40
Kuvio 28. Reikä sivuoven alatiivisteessä .....	41
Kuvio 29. Kuvaajasta heijastunut lämpösäteily alumiinissa.....	42
Kuvio 30. Ad-blue säiliö pysäköidyssä ajoneuvossa .....	43
Kuvio 31. Vetopyörästäön ulkokuori.....	44

Kuvio 32. Suolakuran vaikutus .....	46
-------------------------------------	----

## **Taulukot**

Taulukko 1. Lämpökameralla saadut lämpötilat .....	27
Taulukko 2. Jarruvoiman mittaustulokset katsastuspöytäkirjasta.....	27
Taulukko 3. Korrelaatiokertoimet .....	28
Taulukko 4. Renkaiden paineet ja lämpötilat.....	33

# 1 Johdanto

*Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana (PSK 6201 2011).*

Lämpökamera ei ole kovin yleisesti käytetty kuljetuskaluston kunnossapidon toimenpiteissä, joten toimeksiantaja kuljetusliike Sampo Prosi Oy tarjosi siitä opinnäytetyöaihetta. Lämpökameraa on yleisesti käytetty vastaaviin toimenpiteisiin teollisuuden kunnossapidon sekä talotekniikan alalla. Lämpökuvaus on helppo ja nopea tapa mitata ja havaita erilaisia lämpötiloja sekä lämpövuotoja, joten se saattaisi toimia myös kuljetuskaluston huollon työkaluna.

Tutkimusaineistoa kerättiin FLIR E53 -lämpökameran avulla ja sillä pyrittiin kuvaamaan mahdollisimman monia akselistoja eri kuorma-autoista sekä perävaunuista. Ajoneuvoista kerättiin lämpötiladataa napojen, jarrujen, renkaiden ja vanteiden lämpötiloista. Lisäksi lämpökuvia otettiin kuormatiloista, joista selvitettiin saranoiden ja eristeiden lämpövuotoja. Lämpökuvaukset suoritettiin kahdessa jaksossa, 3.7.2019–5.8.2019 sekä 8.1.2020–4.2.2020, jolloin voidaan tulkita lämpökuvia sekä kesäajalta että talviajalta.

Jo melko pienellä sijoituksella lämpökameralaitteistoon kuljetusyritys voi ennaltaehkäistä kaluston joutumista onnettomuuteen tai jopa palamisen kohteeksi. Kuljetusyrityksellä on mittavat pääomat sidottuna kalustoon, joten kuljetusten keskeytyminen ongelmien takia keskeyttää sidotun pääoman tuoton, koska ajoneuvot eivät tuota mitään seisona-aikana. Kuljetusten keskeytysten estämisellä on siten merkittävät taloudelliset vaikutukset kuljetusyritykselle.



## 1.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimustyön tarkoituksena oli löytää vastauksia ainakin seuraaviin kysymyksiin:

1. Voidaanko lämpökameran avulla saada luotettavaa lämpötiladataa ajoneuvojen alustojen lämpötiloista?
2. Millaisia lämpötiloja ajoneuvojen alustoista sekä kuljetustiloista mitataan, niiden ollessa kunnossa tai vaurioituneita
3. Pystytäänkö lämpökameralla löytämään kuormatilasta saranoiden ja eristeiden lämpötilavuotoja sekä eristeisiin päässyttä kosteutta?
4. Pystytäänkö lämpökameran avulla analysoimaan jarrujen toimintaa samanlaisesti kuin jarrudynamolla?

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lämpökameran käyttöä raskaan kaluston alustojen ja kuormakorien analysointityökaluna. Tavoitteena oli lisäksi kerätä mahdollisimman paljon lämpötiladataa, erilaisista tilanteista ja sääolosuhteista. Ulkoisten tekijöiden, kuten sään, vaikutusta lämpötiloihin selvitettiin.

Tutkimuksessa syntyneiden tulosten perusteella kuljetusliike haluaa selvittää mahdollisten lämpökameralaitteiden hankintaa osaksi huollon ennakointia sekä vianetsintää. Lämpökameroiden hankinnassa voidaan miettiä, soveltaisiko kiinteästi asennettavat lämpökameralaitteistot yhtä hyvin tai jopa paremmin kuin opinnäytetyössä käytetty, käsikäyttöinen lämpökamera.

Lämpökuvauksen käyttöönottamisen tavoite kaluston ennakoivassa kunnossapidossa on, että mahdolliset ajoneuvon palamiseen tai vakavaan onnettomuuteen johtavat jarru- ja laakerivauriot saataisiin ennaltaehkäistyä. Myös yksittäiset rengasrikot voivat aiheuttaa kuluja sekä kuljetuksen keskeytymisen, joten lämpökameralla nähtyjen renkaiden kudosvaurioiden havaitseminen olisi hyvä asia.

### 1.3 Tutkimusmenetelmä ja -strategia

Tieteelliset tutkimukset jaetaan usein kvalitatiivisiin eli laadullisiin ja kvantitatiivisiin eli määrällisiin tutkimuksiin. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään vastaamaan kysymyksiin ”miten” ja ”miksi”. Määrälliset tutkimukset taas pyrkivät vastaavat yleensä numeerisiin kysymyksiin kuten ”kuinka suuri” ja ”montako”. Kvalitatiivinen tutkimus pyrkii tarkastelemaan tutkittavaa kohdetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti, kun taas kvantitatiivinen tutkimus pyrkii selvittämään lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. (Tutkijan ABC 2015)

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytettiin molempien sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän osia. Lämpökuvien havainnoinnissa ja tulkitsemisessa käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää ja lämpötilojen tilastollisessa taulukoinnissa käytettiin kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän periaatteita.

Opinnäytetyön tutkimusaineiston kerääminen tapahtui tapaustutkimusperiaatetta käyttäen. Tapaustutkimuksessa pyritään tutkimaan rajattua kokonaisuutta, yksittäistä tapahtumaa, prosessia, esinettä tai yksilöä käyttämällä eri menetelmin hankittua tietoa. Tapaustutkimus pyrkii lisäämään ymmärrystä tietystä ilmiöstä. Tapaustutkimus valitaankin menetelmäksi, kun tapauksen kohdetta halutaan ymmärtää syvällisesti ja huomioida siihen liittyvä konteksti, kuten olosuhteet ja taustat. (Puusniekka & Saaranen-Kauppinen 2006, luku 5.5)

## 2 Toimeksiantaja

Kuljetusliike Sampo Prosi Oy:llä on pitkät perinteet kuljetusalalta. Yrityksen perusti vuonna 1959 Sampo Prosi ja hän johti kuljetusliikettä vuoteen 2000 saakka. Tämän jälkeen vastuun otti Matti Haapala ja vuonna 2008 toimintaan liittyi mukaan hänen poikansa Eero Haapala. Sampo Prosi Oy toimii Länsi-Suomessa Kristiinankaupungin Lapväärtissä, ja heidän kuljetuskalustonsa on räätälöity tukku- ja vähittäiskaupan sekä teollisuuden tarpeisiin.

Yritys on erikoistunut lämpösäädelyihin kuljetuksiin ja heidän kalustoonsa kuuluu yli 30 ATP-luokiteltua ajoneuvoyhdistelmää. FNA- ja FRC-hyväksytyjen kuljetuskalustojen avulla tuotteet kulkevat aina oikeassa lämpötilassa. Lisäksi koko sivulta aukeavat kuljetustilat tuovat mahdollisuuden lastata ja purkaa pitkää tavaraa kuormakorin kyljestä.

Prosi käyttää nykyään kalustossaan Volvon ja Scanian kuorma-autoja. Kuorma-autot ovat kolmiakselisia ja suurin osa niistä varustettu nostettavalla ja ohjaavalla teliakselilla. Kuorma-autojen perässä on varsinaiset perävaunut, jotka ovat viisi tai kuusiakselisia. (Prosi 2020.)

Yrityksen pääkonttori, terminaali ja huoltohalli sijaitsevat Lapväärtissä Kristiinankaupungissa. Kaluston kaikki perushuoltotoimet suoritetaan osaavan korjaamohenkilöstön toimesta yrityksen omassa huoltohallissa. Osaavan henkilöstön ja oman huollon ansiosta kalusto on hyvässä kunnossa sekä nopeasti korjattavissa tilanteen sitä vaatiessa.

### 3 Lämpökuvaus

Lämpökuvaus on tekniikka, jossa digitaalisesti muunnetaan sähkömagneettisen spektrin infrapunaosa ihmisen näkemäalueelle sopivaksi. Lämpökuvauksen avulla tuodaan näkyville kaikkien pintojen lähettämää lämpösäteilyä. Lämpökuvauksen etuja on sen helppokäyttöisyys sekä nopeus ainetta rikkomattomana testausmenetelmänä. (Lämpökamera 2015.)

#### 3.1 Lämpösäteily

Lämpösäteily on ihmisen silmälle näkymätöntä valoa pitkäaaltoista infrapunasäteilyä. Infrapunasäteily on siis sähkömagneettisen spektrin yksi kaista. Sähkömagneettiseen spektriin kuuluvat infrapunasäteilyn lisäksi myös röntgen- ja ultraviolettisäteily, näkyvä valo sekä mikro- ja radioaallot. Kaikkien kaistojen säteily on samanlaista, mutta niiden aallonpituus vaihtelee röntgensäteilyn 10 nanometristä (nm) radioaaltojen kilometrien pituuteen. Infrapunasäteilyn aallonpituuksien vaihteluväli on lähi-infrapun 0,75 mikrometrin ( $\mu\text{m}$ ) ja ääri-infrapun 100 mikrometrin väillä. (Lämpökuvauksen teoria 2003, 105.)

Lämpösäteilyä lähettää jokainen kappale, joka on lämpötilaltaan absoluuttisen nollapisteen yläpuolella ( $-273^{\circ}\text{C}$ ). Infrapunasäteilyn aallonpituus kertoo kohteen pinnan lämpötilan. Mitä korkeampi lämpötila, sitä lyhytaaltoisempi säteilyn aallonpituus on. (Lämpösäteily ja infrapuna n.d.)

#### 3.2 Lämpökamera

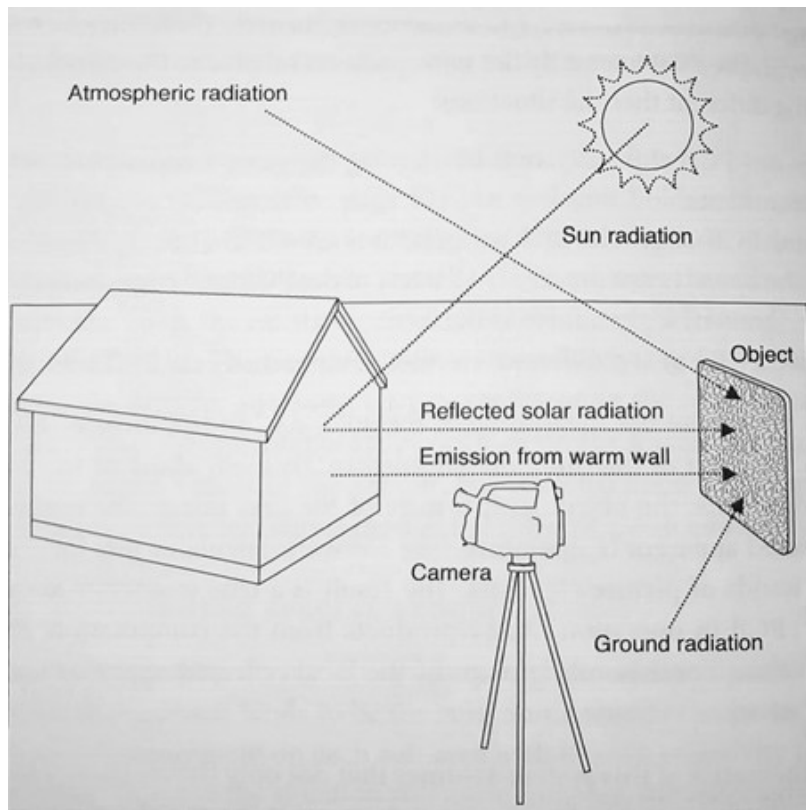
Lämpökamera on lämpösäteilyä mittaava laite, joka muodostaa pintalämpötilajakaumien lämpötilatiedot antavan kuvan. Lämpökameraa käytetään ensisijaisesti pintalämpötilojen havainnollistamiseen. Lämpökameroita on joko mittaavia tai ei-mittaavia, joista molemmilla on omat käyttötarkoituksensa. Mittaavat lämpökamerat soveltuvat esimerkiksi erilaisiin teollisuuden kunnossapitotehtäviin, kiinteistöiden kunnon

määrittämiseen sekä lämpötilaeroina ilmenevien ongelmien paikantamiseen. Ei-mittaavat kamerat soveltuvat pääasiassa etsintä- sekä valvontalaitteiksi. (Lämpökameran toiminta n.d.)

### 3.3 Emissiivisyys

Emissiivisyydellä tai emitanssilla tarkoitetaan kappaleen lähettämän säteilyn määrää suhteessa täysin mustan kappaleen säteilylle. Mustaksi kappaleeksi kutsutaan sellaista kohdetta, joka absorboi kaiken itseensä kohdistuvan säteilyn. Emissiokerroin merkitään kreikkalaisella epsilon-kirjaimella  $\varepsilon$ .

Jos kappale absorboi eli ei heijasta ollenkaan lämpösäteilyä, sen emissiokerroin on  $\varepsilon=1$ . Kirkkailla, heijastavilla pinnoilla kuten alumiinilla, emissiokerroin on hyvin pieni, noin  $\varepsilon=0,05$ . Tämä tulee ottaa huomioon mittaustilanteessa, jotta voidaan tietää, onko saatu mittaustilanteesta kohteen oma lämpötila vai osittain ulkopuolelta tulevan heijastuksen muuttama. Kuvista 1 nähdään lämpökuvauksen mittaukseen vaikuttavia tekijöitä, jotka ovat; suora ja heijastunut auringon lämpösäteily, ilmakehän taittama lämpösäteily sekä maasta tullut lämpösäteily. (Öhman 2014, luku 5.)



Kuvio 1. Mittaukseen vaikuttavat heijastukset

### 3.4 Optiikka

Lämpökameran optiikassa käytetään lasisen linssin sijasta hiilipinnoitettua germaniumia. Optiikkamateriaalilla täytyy olla luonnollinen kyky läpäistä ja taittaa lämpösäteilyä, jotta lämpökuvaus onnistuu. Tavallinen lasi ei läpäise lämpösäteilyä, joten sitä ei voida käyttää lämpökameroiden optiikassa.

Eri optiikalla vaikutetaan lämpökameran näkemäalueeseen. Lämpökameroiden optiikkavaihtoehdot ilmoitetaan eri astelukuina, kuten  $24^\circ$ ,  $42^\circ$ . Asteluku kertoo kuinka laajasti tai suppeasti lämpökamera näkee.

Lämpökameroihin ei tyypillisesti ole mahdollista saada optista zoomausta, joka mahdollistaisi eri perspektiivien käytön samassa kamerassa. Tämä johtuu siitä, että optiikkamateriaalit ovat kalliita, optisten pintojen lämpötilahallinnasta sekä optiikan läpäisyprosentin merkittävästä heikentymisestä. (Lämpökameran toiminta. n.d)

### 3.5 Historia

Sähkömagneettisen spektrin infrapuna-alue löydettiin noin 200 vuotta sitten. Tähtitieteilijä Sir William Herschel löysi sen vahingossa etsiessään uutta optista ainetta teleskooppiin, jolla tutkittiin aurinkoa. Hän toisti Isaac Newtonin prismakoetta, mutta hän mittasi spektrin eri värien lämpötilavaikutusta. Näkyvien värien loputtua Herschel jatkoi lämpömittarin siirtämistä spektrissä punaisen valon ulkopuolelle ja hän huomasi lämpövaikutuksen voimistuvan entisestään.

Lämpökamerat ovat kehittyneet sotilasteknologian mukana. Ensimmäiset infrapunan tekniset sovellukset ovat ensimmäisen maailmansodan ajoilta, jolloin sodan osapuolet kehittivät laitteistoa vihollisten havaitsemiseen. Infrapunaan perustuvat hakulaitteistot pystyivät havaitsemaan lentokoneen 1,5 kilometristä sekä ihmisen yli 300 metrin päästä. (Infrapunatekniikan historiaa 2016, 101–104.)

Kuvantavia laitteita otettiin käyttöön ensimmäisen kerran 1950-luvulla lääketieteen sovelluksissa. Suomessa lämpökameraa alettiin käyttää rakennusten lämpökuvauksessa 1970-luvun lopussa. 1980-1990 lukujen vaihteessa lämpökameroiden kehitys oli voimakasta, jolloin kameroiden jäähdytystekniikat parantuivat sekä niiden fyysinen koko pieneni. (Kauppinen 2012, 144.)

## 4 Tyypilliset lämpötilaa muuttavat viat

Raskaan kaluston tyypillisimpiä matkan keskeyttäviä vikoja ovat jarrujen tai pyöränlaakereiden ylikuumentuminen sekä renkaiden puhkeaminen. Nämä kaikki ovat nähtävissä lämpökameran avulla.

Pahimmassa tapauksessa liikaa lämmennyt laakeri tai jarru aiheuttaa tulipalon. Vuosien 2015–2017 aikana pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilastoihin tilastoitiin noin 700 raskaankaluston paloa. 309 tapauksessa tulipalon syttyminen tapahtui renkaista ja akselistoista. Yleisin syttymiskohta oli laakeri, joka oli 148 tapauksessa syttymiskohta. Toiseksi yleisenä syttymiskohtana olivat jarrut, jotka olivat syttymiskohta 84 tapauksessa. (Korteniemi 2018, 36–39.)

#### 4.1 Laakeriviat

Ylikuumentuminen akselin navassa voi pahimmassa tapauksessa johtaa koko pyörän tai paripyöräpakan irtoamiseen, jolloin ne voivat aiheuttaa vakavan onnettomuuden ajautuessaan vastaan tulevan ajoneuvon keulaan. Myös ylikuumentuva pyörä voi aiheuttaa tulipaloriskin ajoneuville ja sen kuormalle, jolloin taloudelliset seuraamukset kuljetusliikkeelle saattavat olla vakavia. Viat voivat syntyä monesta eri syystä. Yleisimpiä vaurioiden aiheuttajia ovat huono voitelu, väsymiskuluminen, hioutuminen, kovat iskut sekä korroosio.

Laakerit tulee huoltaa niiden valmistajan antamien huoltovälien mukaisesti. Napa tulee pestä ja laakereiden kuluneisuus tulee tarkastaa. Vaurioituneet tai kuluneet laakerit tulee vaihtaa välittömästi ja ehjän laakerin huollossa vaihdetaan laakerin voitelurasva uuteen. (Toplift 2019.)

#### 4.2 Jarruviat

Jarrujen toimimattomuus on aina vakava turvallisuusriski ajoneuvon hallinnalle. Epätasapainoinen jarrujen toiminta aiheuttaa epävakavuutta ajoneuvoon jarruttaessa ja ääriolosuhteissa ajoneuvon hallinta voi kadota kokonaan. Toisaalta yhdistelmäajoneuvossa on yleensä useita akseleita, jolloin yhden yksittäisen jarrun toimimattomuus saattaa jäädä kokonaan ajoneuvon kuljettajalta huomaamatta.

Jarrujen vikaantuminen aiheuttaa yleensä joko jarrun osittain päälle jäämistä tai kokonaan jarrutehon häviämisen. Jarrujen laahaaminen synnyttää kitkaa jarrulevyyn, joka



taas nostaa jarrulevyn lämpötilaa. Jarrulevyn lämpötila akselissa, missä jarrut laahaavat, on huomattavasti muita jarrulevyjä suurempi, jolloin vika on helposti havaittavissa lämpötilaerona. Täysin jarruttoman akselin havaitseminen taas perustuu kylmään jarrulevyyn, koska palat eivät synnytä kitkaa jarrulevyyn ja näin ollen jarrulevy ei lämpene.

### 4.3 Rengasongelmat

Renkaissa tapahtuvat muutokset ovat yleensä yhteydessä rengaspaineeseen. Pudonnut rengaspaine aiheuttaa renkaan kasaan painumisen, joka aiheuttaa muutoksia renkaan rakenteissa. Tyhjentyneessä renkaassa kudokset lämpenevät enemmän kuin tavallisesti, joten ne myös synnyttävät kitkaa toistensa välille, mikä nostaa renkaan lämpötilaa entisestään.

Rengas joutuu usein kovien ulkoisten tekijöiden rasittamaksi, kuten sääolosuhteet, tien kunto ja sen päällysteen ominaisuudet, sekä kuljettajan toiminta. Sääolosuhteet vaikuttavat todella paljon renkaan lämpötilaan ja ominaisuuksiin. Auringonpaiste saattaa nostaa renkaan lämpötilaa useilla kymmenillä asteilla, kun taas vesisade voi jäähdyttää rengasta.

Suomessa tieverkoston kunto on huonossa kunnossa, ja renkaat voivat joutua ottamaan kovia iskuja vastaan esimerkiksi routakuoppiin ajettaessa. Tienpinnat ovat myös keväisin karkeita, jolloin renkaan kulutuspinna joutuu suuremmalle rasitukselle kuin kesäisin. Kuljettaja omalla toiminnallaan voi ennalta ehkäistä rengasvauriota pyrkimällä väistämään kuoppia ja muita tien vaurioita mahdollisuuksien mukaan. Kuljettajan on myös hyvä pyrkiä välttämään tiukkoja käännöksiä, jolloin kärryn renkaiden kulutuspinnat eivät pääse hioutumaan tienpintaa vasten.

Renkaan rungossa syntyvät kudosvauriot voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa renkaan räjähtämisen. Räjähtäminen saattaa aiheuttaa vakavia vahinkoja kuljetuskalustolle sekä ympärillä oleville ajoneuvoille ja ihmisille. Lisäksi matka keskeytyy aina renkaan vaihdon ajaksi.

## 5 Tutkimusvälineet

### 5.1 FLIR E53

Mittauksissa käytettiin FLIR Systemsin valmistamaa ammattilaistason lämpökameraa. Laite kuuluu FLIRin Exx-sarjaan, joka on luokkansa suorituskykyisin lämpökamerasarja. E53 on Exx-sarjan aloitustason lämpökamera, mutta on kuitenkin riittävän laadukas toimimaan tämän opinnäytetyön määrittämässä tarkoituksessa.



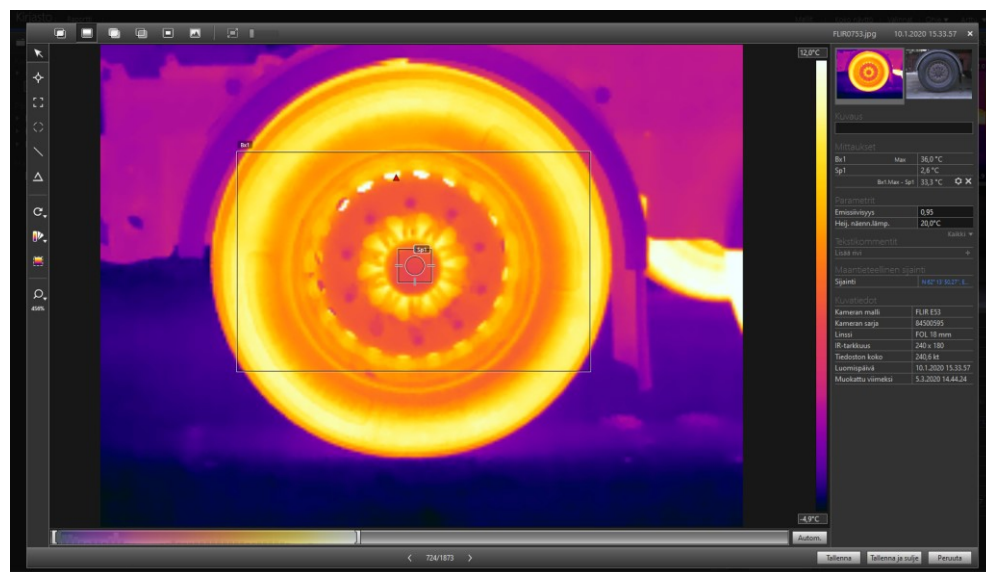
Kuvio 2. FLIR E53 -lämpökamera

Lämpökamerassa on 240 x 180 resoluutio eli yhdessä lämpökuvassa on 43 200 pikseliä. Lämpötilan mittausalueina lämpökamerassa ovat  $-20^{\circ}\text{C}$ – $120^{\circ}\text{C}$  sekä  $0^{\circ}\text{C}$ – $650^{\circ}\text{C}$ . Lämpötilan tarkkuus on  $\pm 2^{\circ}\text{C}$   $\pm 2\%$  ympäristön lämpötilan ollessa  $15$ – $35^{\circ}\text{C}$  ja mitattavan kohteen yli  $0^{\circ}\text{C}$ .

Lisäksi lämpökamerassa on 4” kosketusnäyttö, joka helpottaa lämpökuvien tulkitsemista suoraan kamerasta. Lämpökuvan lisäksi on mahdollista, että lämpökamerassa oleva valokuvakamera ottaa samanaikaisesti tavallisen valokuvan, jolloin on helpompi nähdä mistä kohteesta lämpökuva on otettu. (FLIR Exx-sarja 2019.)

## 5.2 FLIR Tools

FLIR Tools on ohjelmisto, jolla voidaan muokata ja analysoida FLIR-lämpökameralla otettuja lämpökuvia. Ohjelmiston avulla on helpompi tehdä analytiikkaa lämpökuvista kuin suoraan lämpökameran näytöltä katsottuna. Ohjelmistossa pystytään jälkikäteen myös säätämään lämpötila-asteikkoa, vaihtamaan väripaletteja, muuttamaan mittausparametreja sekä lisäämään mittauspisteitä. (FLIR Tools 2019.)



Kuvio 3. Kuvakaappaus FLIR Toolsista

## 6 Ajoneuvojen lämpökuvaaminen

Ajoneuvojen lämpökuvaaminen tapahtui kahdessa eri jaksossa. Ensimmäisessä jaksossa ajoneuvoja lämpökuvattiin kesäolosuhteissa. Kesäjakso sijoittui välille 3.7.2019–5.8.2019 ja ulkoilman lämpötilat vaihtelivat yön jopa  $-1^{\circ}\text{C}$  – keskipäivän  $+35^{\circ}\text{C}$  välillä. Kesäkaudella lämpökuvaaminen painottui kuljettajan työn ohessa tapahtuvaan kuvaamiseen. Lämpökuvaaminen tapahtui pääasiassa taukojen aikana tai muuna odotusajana. Lämpökuvia otettiin myös muutamana kertana terminaalin pihassa, jolloin ajoon lähteviä ajoneuvoja voitiin kuvata useampia samalla kuvauskerralla.

Kesäjakson aikana otettiin noin 580 lämpökuvaa eri alustan osista, kuten navoista, renkaista sekä vanteista. Myös jarrulevyistä otettiin lämpötiloja, jos vanteen rakenne sen mahdollisti. Jarrulevyjen lämpötilat olivat mitattavissa lähes ainoastaan yksipyöräisiltä akseleilta, koska paripyöräakselilla vanteet peittävät jarrulevyn etupuolelta ja takapuolella sen peittää jarrukilpi.

Toisessa jaksossa, eli talvijaksolla lämpökuvia otettiin 8.1.2020–4.2.2020 välisenä aikana noin 1200 kappaletta. Ulkoilman lämpötilat vaihtelivat  $-7^{\circ}\text{C}$ – $+5^{\circ}\text{C}$  välillä kyseisillä kuvauskerroilla. Talvijaksolla kuvattiin alustan osien lisäksi myös lämpöeristettyjä kuormatiloja. Lämpökuvaus tapahtui ainoastaan terminaalin pihassa ja lämpökuvat otettiin sinne saapuvista ajoneuvoista. Kesäjaksoon verrattuna talvijaksolla pystyttiin keskittymään lämpökuvaukseen tarkemmin, koska en itse toiminut samanaikaisesti kuljettajan tehtävissä.

Kesäkaudella kuvausjakson kuvausten aikana säätyyppi oli hyvin lämmin, aurinkoinen ja kuiva yhtä sadepäivää lukuun ottamatta. Talvikaudella taas säätyyppi poikkesi tavanomaisesta talvisäästä, sillä kuvausjaksolla ei ollut lunta, vaan vettä satoi huomattavasti sekä lämpötilat olivat melko lämpimiä tavanomaiseen talveen verrattuna.



Kuvio 4. Ajoneuvojen lämpökuvaus

## 7 Analysointi ja tulokset

Analysoinnissa käytettiin FLIR Tools -ohjelmistoa. Ohjelmistossa pystyttiin valitsemaan lämpökuvasta yksittäisiä pisteitä, joista lämpötila mitattiin. Pisteiden lisäksi ohjelmistolla voitiin etsiä lämpökuvista minimi- ja maksimilämpötiloja sekä tiettyjen alueiden keskilämpötiloja.

FLIR Toolsilla saadut lämpötilat taulukoitiin Excel-taulukkoon, johon listattiin lämpökuvista navan pään ja juuren lämpötilat, vanteen sekä renkaan lämpötilat sekä jarrulevyn lämpötila, jos se vain oli havaittavissa lämpökuvasta. Taulukoiduista lämpötiloista voitiin tehdä kaavioita, joiden avulla lämpötiloja voitiin verrata toisiinsa ajanjaksoittain.

## 7.1 Napalämpötilat

Kuorma-autojen ja perävaunujen napoja eli laakeripesiä tutkittaessa täytyi ottaa huomioon erilaisten napojen ominaisuudet. Kuorma-autoissa ensimmäisen ja kolmannen akselin navat olivat samankaltaiset ulkoa katsottuna ja ne vastasivat usein lämpötiloiltaan toisiaan. Kuorma-autossa vetoakselin napa näyttää jo paripyörän rakenteen takia erilaiselta, mutta myös ominaisuuksiltaan se on erilainen muihin akseleihin verrattuna.

Perävaunuissa erilaiset navat ovat esimerkiksi pienemmässä 19,5 tuuman rengas-koossa kuin 22,5 tuuman koossa olevassa renkaassa. Lämpökuvatuissa perävaunuissa akselistot olivat BPW:n tai SAF:n valmistamia. Osassa akselistoista navat ovat ulospäin ulkonevat kartion malliset, mutta joissakin akselistoissa ne voivat olla myös tasaiset. (kuvio 5)

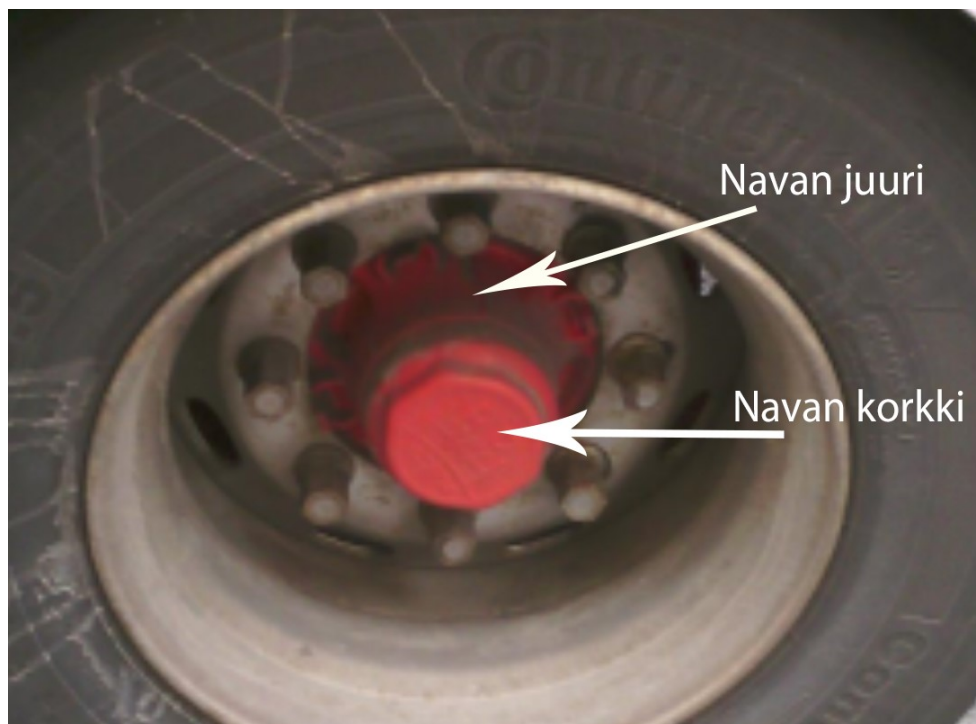


Kuvio 5. Esimerkki napojen eroavaisuuksista

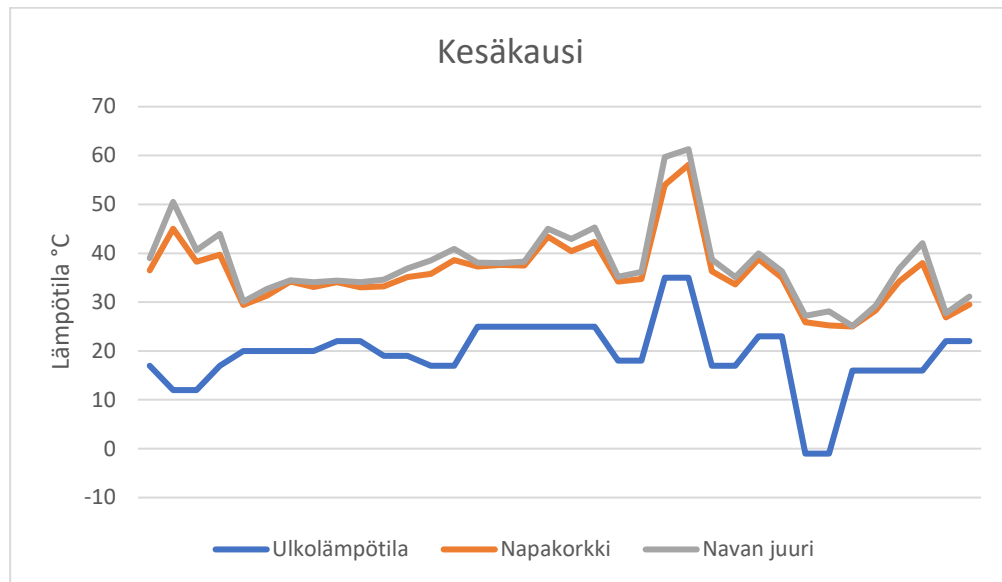
Pyörien navat ovat laakeroitu olka-askeliin kartiorullalaakereilla ja olka-akselit ovat laakeroitu akselistoon olkatapilla. Kartiomainen olkatappi on kiinnitetty akseliin ja laakeroitu kartiorullalaakereilla sekä painelaakereilla, jotta ne voivat kantaa aksiaalista kuormitusta. (Heiskanen 2014, 99.)

Kuviot 7-11 kuvaavat kesä- ja talvikaudella kuorma-autojen ensimmäisen ja toisen akselin navoista sekä perävaunun kaikista navoista otettujen lämpötilojen vaihtelua eri ulkoilman lämpötiloissa. Kuvioihin on merkitty ulkoilman lämpötila, navan juuren ja

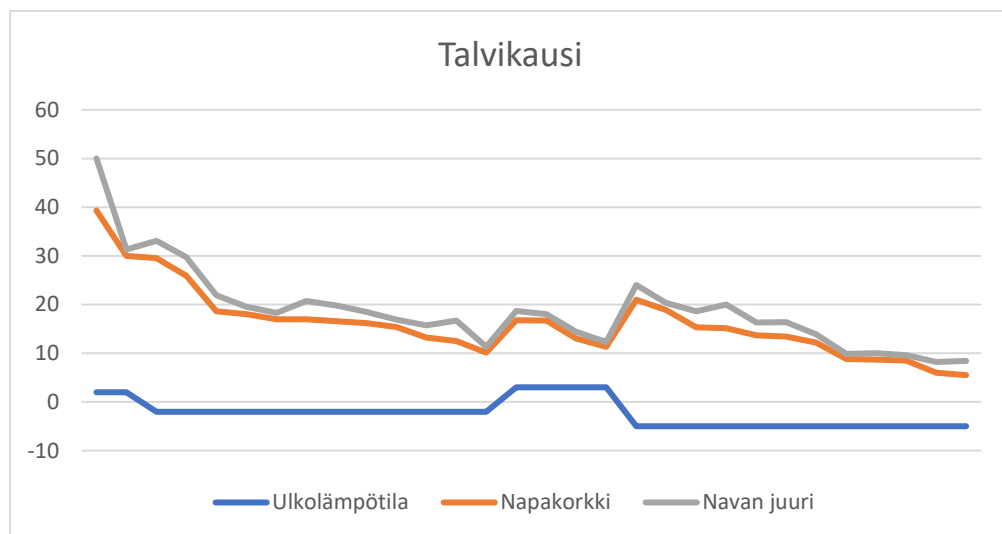
korkin lämpötilat. Yleensä napojen juuri lämpeni enemmän kuin korkki ja tämä on luonnollista, koska laakeri sijaitsee lähempänä navan juurta kuin korkkia (kuvio 6). Taka-akselin navat myös lämpenivät etuakselia enemmän siihen kohdistuneen massan sekä vetoakselin takia. Kaaviot eivät ota huomioon merkkikohtaisia eroavaisuuksia vaan saaduissa lämpötila-arvoissa saattaa olla eroavaisuuksia merkkikohtaisesti.



Kuvio 6. Napojen osista käytettävät termit



Kuvio 7. Kuorma-autojen etuakseleiden napalämpötilat kesällä

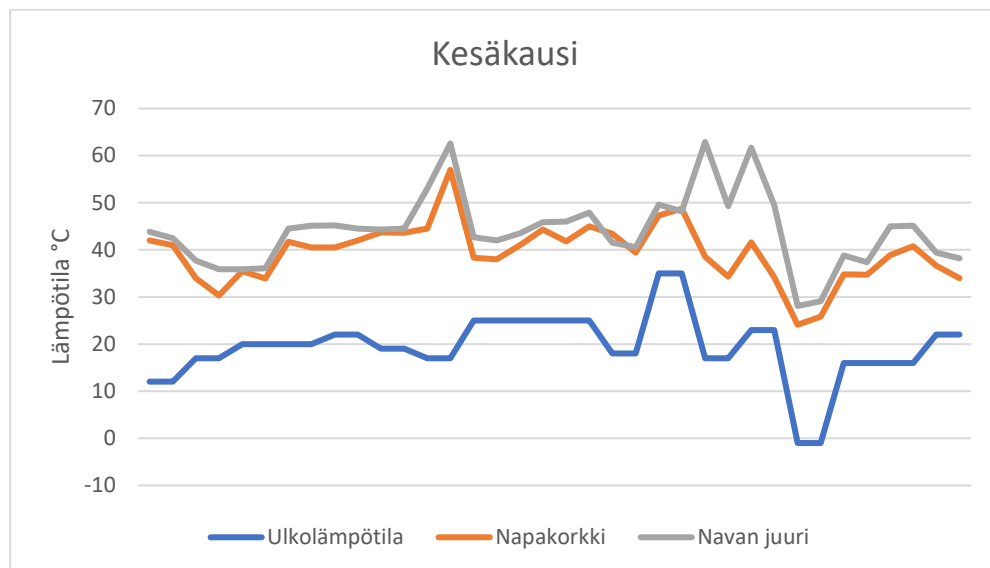


Kuvio 8. Kuorma-autojen etuakseleiden napalämpötilat talvella

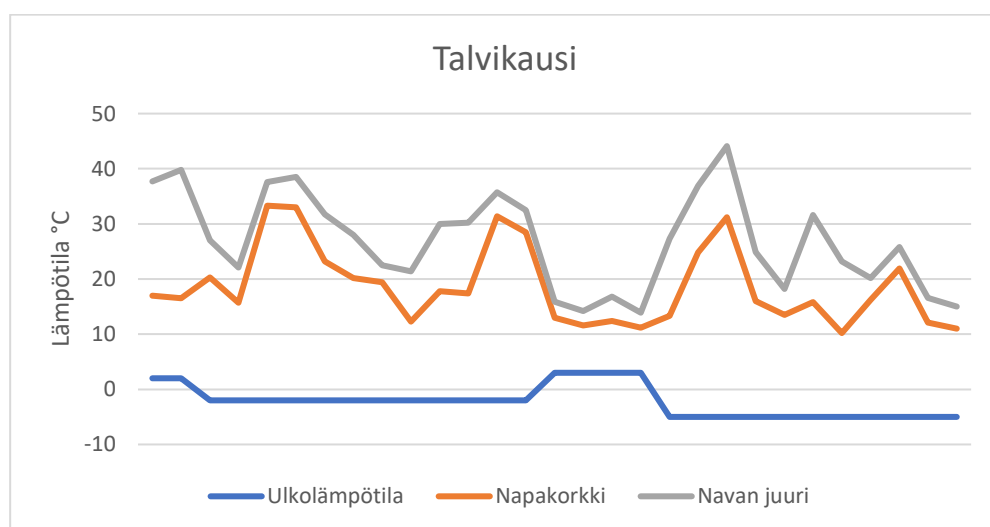
Keskimäärin etuakseleiden napojen lämpötilat olivat mittauksissa noin 10–20 °C ulkoilman lämpötilaa korkeammat sekä kesä- että talvikaudella. Kesäkaudella näkyvä lämpötilapiikki 61,3 °C johtuu korkeasta ulkolämpötilasta sekä suorasta auringon pais-



teesta autoa kohti. Talvikauden alussa näkyvä 50 °C lämpötila mitattiin todella voimakkaan jarrutuksen jälkeen, jolloin jarrulevystä ehti siirtyä lämpöä myös akselin napaan.

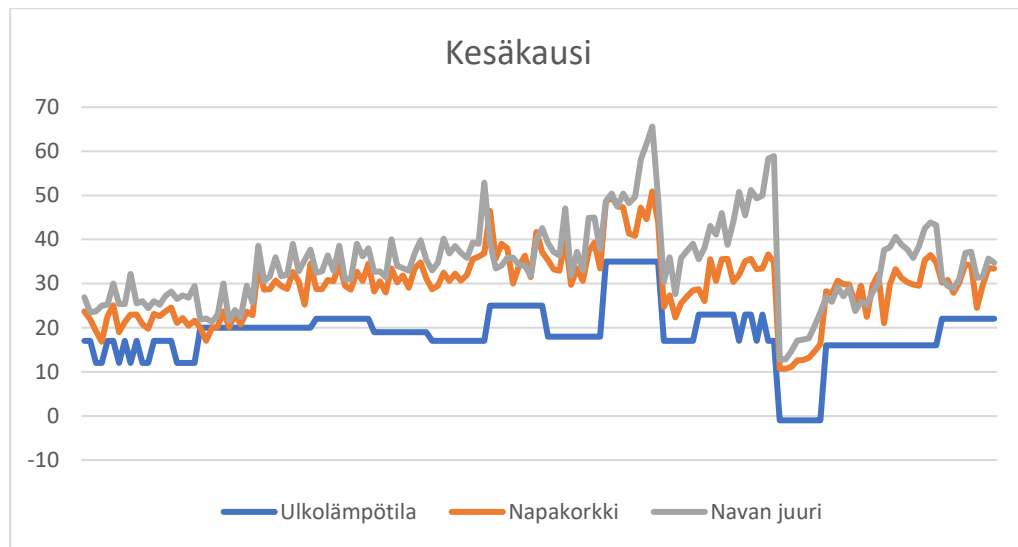


Kuvio 9. Kuorma-autojen vetoakseleiden napalämpötilat kesällä

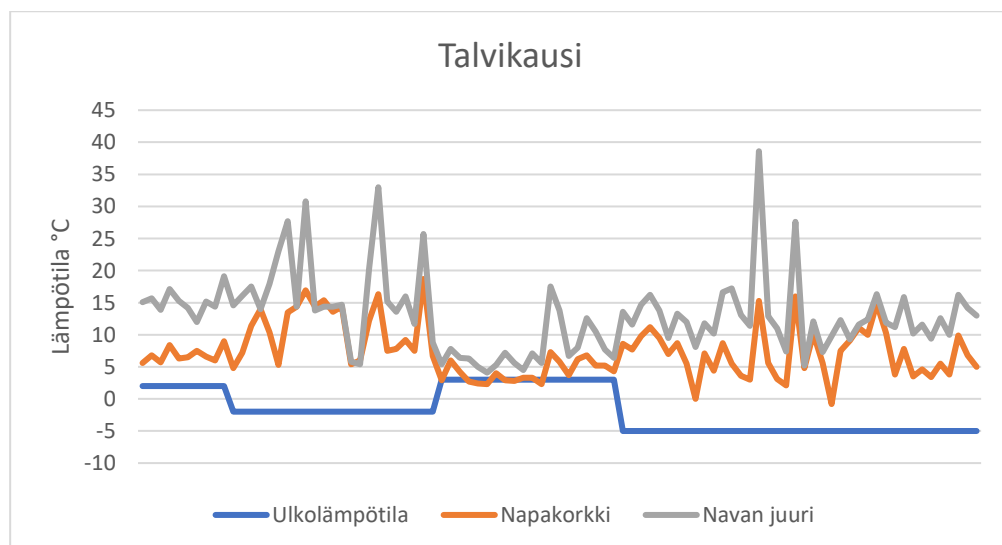


Kuvio 10. Kuorma-autojen vetoakseleiden napalämpötilat talvella

Vetävällä akselilla mitatut lämpötilat olivat keskimääräisesti 15–30 °C ulkoilman lämpötilaa korkeammat. Toisella akselilla vaihtelut lämpötilojen välillä olivat suurempia kuin etuakselilla. Vaihteluihin vaikutti varmasti erilaiset kuormaukset eri kuorma-autojen välillä, mutta myös merkkikohtaiset eroavaisuudet napojen rakenteessa.



Kuvio 11. Perävaunujen napalämpötilat kesällä



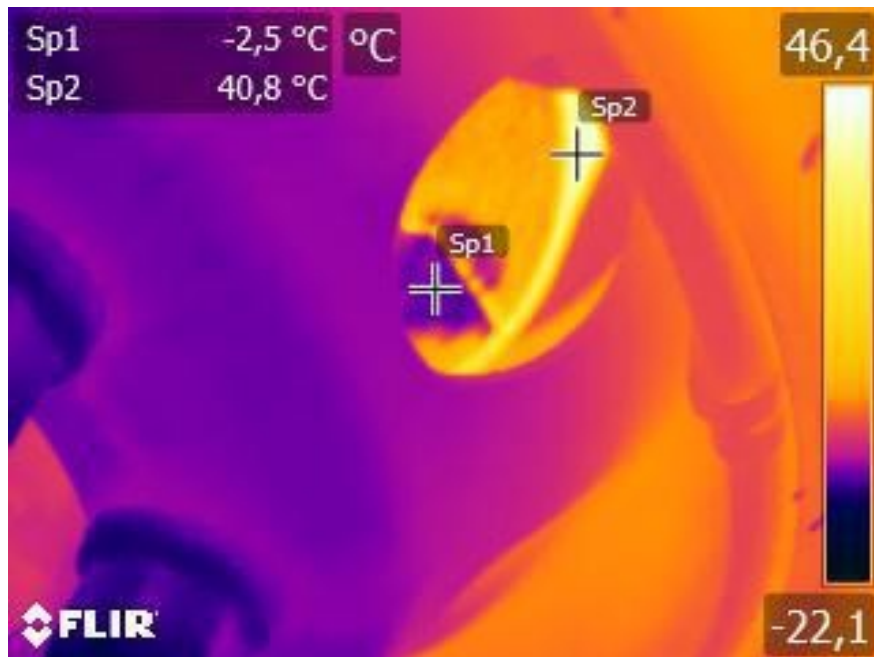
Kuvio 12. Perävaunujen napalämpötilat talvella

Perävaunun navat lämpenivät yleisesti ottaen kaikilla akseleilla samanlaisesti eikä akselikohtaisesti suuria heittelyitä tapahtunut. Lämpötilojen vaihteluväli napojen mittaustauksissa oli keskimäärin 5–20 °C ulkoilmaa korkeampi.

Mittausten aikana kesä- ja talvikaudella ei havaittu mittavia lämpötilaeroja akseleilta, jotka olisivat antaneet ilmi, että navassa olisi vaurioita. Muutamia suurempia mittaustuloksia saatiin, mutta ne osattiin heti arvioida jostakin ulkoisesta tekijästä johtuvaksi. Jos laakereissa olisi ollut jonkinasteinen vika, joka havaittaisiin lämpökameralla, voidaan olettaa, että kyseisen navan lämpötila olisi noussut useita kymmeniä asteita muita korkeammaksi.

## 7.2 Jarrulämpötilat

Jarrulevyjen materiaalina käytetään terästä, jolloin ne kestävät suuriakin lämpötilan muutoksia. Teräksellä kuitenkin on lämpökuvauksen kannalta hyvin pieni emissiivisyys, joka hankaloittaa täysin oikean lämpötilan saamista jarrulevystä. Kuviosta 12 voidaan huomata emission vaikutus lämpötilatietoon. Sp1 lämpötila on -2,5 °C ja Sp2 40,8 °C vaikka lämpötilatiedot ovat otettu samaan aikaan samasta jarrulevystä. Sp1 lämpötilapiste on kiiltävässä jarrutuspinnassa ja Sp2 on jarrulevyn ulkoreunan jäähdytyspinnassa, joka ei ole kiiltävä. Kiillotetun teräksen emissiivisyyskerroin on noin 0,07 ja karkean teräksen, jota on jarrulevyn jäähdytyspinnassa 0,69. (Öhman 2014, 128.)



Kuvio 13. Emission vaikutus jarrulevyssä

Jarrulevystä ei niinkään ollut tärkeää saada absoluuttista lämpötilaa, vaan lämpötilan avulla todeta jarrujen toimivuus. Hyvin lämmentyneestä jarrulevystä voidaan päätellä, että jarru jarruttaa ja on käyttökuntoinen. Kylmä jarrulevy olisi taas merkki siitä, että jarru ei välttämättä jarruta sillä tavoin, kun sen pitäisi.

Jarrulevyn lämpötiloja verrattiin myös aina akselin molempien puolten jarrulevyn lämpötilaan. Myös akselistoitain lämpötilat olivat hyvä tarkistaa, jotta voitiin havainnoida koko ajoneuvon jarrujen toiminta. Lähellä toisiaan olevista lämpötiloista voitiin arvioida, että jarrut jarruttavat samalla tavalla toisiinsa nähden ja ovat kunnossa. Vertailussa kiinnitettiin huomiota vasta, jos jokin ajoneuvon jarruista lämpeni useita kymmeniä asteita muita jarruja enemmän. Tämä sen takia, koska jarruista saatavaan lämpötilatietoon vaikuttivat monet asiat, kuten kuorman painojakauma.

Jarrulevyn lämpötilatietoon vaikuttavia asioita voivat olla muun muassa sääolosuhteet kuten auringonpaiste, vesisade tai ulkoilman lämpötila, vanteiden ominaisuudet sekä lämpökameran kyky nähdä jarrulevy vanteiden tuuletusaukoista. Yksipyöräiseltä akselilta jarrujen lämpötilan ottaminen oli melko yksinkertaista ja helppoa, koska vanteissa

tai navassa olevien tuuletusaukkojen avulla jarrulevy oli nähtävissä niiden lävitse. Sen sijaan paripyöräaskelilta lämpötila voitiin ottaa jarrulevystä ainoastaan paripyörien välissä olevista vanteiden aukoista, mutta tällöinkään jarrulevy ei ollut kunnolla nähtävissä. Usein tämä saatu lämpötila poikkeisi huomattavasti muiden jarrujen tuloksesta, jolloin tulosta ei voitu pitää vertailukelpoisena.

Yleensä kuorma-auton etuakselin jarrut lämpenivät huomattavasti muita akseleita enemmän. Lämpeneminen selittyy sillä, että jarruttaessa ajoneuvon massa pyrkii eteenpäin, jolloin etuakselille syntyy suurempi kuormitus. Myös perävaunujen ensimmäisen akselin jarrut lämpenivät enemmän samasta syystä, mutta myös siitä, että lavatavaraa ajettaessa kuljettajat lastaavat kuormatilan yleensä etuseinästä alkaen, jolloin akseliin kohdistuu suurempi kuormitus.

### 7.3 Jarrujen lämpötilan vertailu katsastuspöytäkirjan arvoihin nähden

Tämän testin tarkoituksena oli tutkia, voidaanko jarrujen kuntoa selvittää ennen katsastusta. Kuljetusliike halusi etsiä nopeaa menetelmää tutkia jarrujen kuntoa ilman jarrudynamometriä, jolloin voidaan arvioida jarrujen riittävä toiminta ja hyväksyttävä tulos jarrujen sovitustestissä.

Ajoneuvoilla ajettiin kuivassa ja hyvässä säässä, kuormaamattomana lenkki maantiellä. Takaisin terminaaliin saavuttaessa ajoneuvolla tehtiin melko voimakas jarrutus, jolloin jarrut lämpenivät kunnolla. Tämän jälkeen ajoneuvo pysäköitiin ja jarruista suoritettiin lämpökuvaukset. Lämpökuvauksessa pyrittiin olemaan nopeita, etteivät jarrut ehtisi jäähdyä, jolloin saatujen lämpötilojen tulos olisi vääristynyt.

Kuorma-auton ensimmäisen ja viimeisen akselin jarruista lämpötilat lämpökuvattiin suoraan vanteesta olevasta tuuletusaukosta, joista jarrulevyt ovat hyvin näkyvissä. Toiselta eli vetävältä akselilta jarrulevyjen lämpötilojen mittaaminen olikin melko haastavaa paripyörien vuoksi. Paripyörien kaksoisvanne estää lähes kokonaan näkyvyyden jarrulevyyn, joten lämpötila täytyi mitata renkaiden välistä. Vetoakselin jarru-

jen mittaaminen perustui enemmän lämpötilan heijastumiseen, kuin suoraan lämpökameralla nähtävään lämpötila-arvoon jarrulevyn pinnalta. Tämän takia taulukossa 2 on nähtävissä lämpötiloissa huomattava eroavaisuus kahteen muuhun akseliin nähden ja toisen akselin lämpötilat eivät siten ole vertailukelpoisia muiden akseleiden kanssa.

Lämpökameralla kuvatut lämpökuvat analysoitiin FLIR Tools -ohjelmistolla ja kirjattiin Excel-tilukoksi. Lisäksi katsastusasemalta noudetusta jarrujen tarkastuspöytäkirjasta (liitteet 2-3) hyödynnettiin jarrutusvoimatulokset taulukoihin. Lämpötilojen arvot ovat °C asteikolla ja jarrutusvoimat ovat kilo Newtonina.

Taulukko 1. Lämpökameralla saadut lämpötilat

Scania R			( °C)	Ekeri 2000		
Akseli	Vasen	Oikea		Akseli	Vasen	Oikea
1	65,1	70,8		1	26,4	28,5
2	16,8	19,1		2	28,7	37,5
3	31,5	32,9		3	26,3	22,6
				4	24,8	22,4
				5	28,3	23,5

Taulukko 2. Jarruvoiman mittaustulokset katsastuspöytäkirjasta

Scania R			(kN)	Ekeri 2000		
Akseli	Vasen	Oikea		Akseli	Vasen	Oikea
1	10,2	10,2		1	6,9	7,3
2	10,6	10		2	7,3	8
3	5,4	5,6		3	6,6	5,2
				4	7,7	6,6
				5	6,1	4,4

Taulukko 3. Korrelaatiokertoimet

## Scania R

Jarruvoimat		
Akseli	Vasen	Oikea
1	10,2	10,2
3	5,4	5,6
Kes- kiarvo	7,8	7,9

Lämpötilat		
Akseli	Vasen	Oikea
1	65,1	70,8
3	31,5	32,9
Kes- kiarvo	48,3	51,85

---

Lämpötilan ja jarruvoiman korrelaatiokerroin 0,994

---

## Ekeri 2000

Jarruvoimat		
Akseli	Vasen	Oikea
1	6,9	7,3
2	7,3	8
3	6,6	5,2
4	7,7	6,6
5	6,1	4,4
Kes- kiarvo	6,92	6,3

Lämpötilat		
Akseli	Vasen	Oikea
1	26,4	28,5
2	28,7	37,5
3	26,3	22,6
4	24,8	22,4
5	28,3	23,5
Kes- kiarvo	26,9	26,9

---

Lämpötilan ja jarruvoiman korrelaatiokerroin 0,619

---

Kahden muuttujan välistä riippuvuutta toisiinsa nimitetään korrelaatioksi. Pearsonin korrelaatiokertoimen arvo vaihtelee -1 – +1 välillä. Jos korrelaatiokertoimeksi saadaan lähellä  $\pm 1$  oleva arvo, silloin korrelaatio on voimakasta ja voidaan toisen muuttujan arvosta pääteillä toisen muuttujan arvot melko täsmällisesti. Yksittäiset poikkeamat havaintoarvoissa vaikuttavat korrelaatiokertoimeen huomattavasti, joten havaintoarvot on aina syytä tarkastaa ensin. (Korrelaatio ja riippuvuusluvut. 2004.)

Taulukkoon 3 on otettu tutkittavaksi Scania R -kuorma-auton ensimmäinen ja kolmas akseli, koska toisen akselin havaintoarvot eivät ole luotettavia puuteellisten mittaus-tulosten takia. Ekeri 2000 perävaunusta taulukkoon otettiin tutkittavaksi kaikki akselit, koska perävaunujen jarrujen lämpötilat olivat hyvin mitattuja kaikkien akseleiden osalta.

Kuorma-auton havaintoarvoista saadun korrelaatiokertoimen 0,994 perusteella jarrujen lämpötila ja jarruvoima korreloivat voimakkaasti keskenään, joten lämpötilan perusteella voidaan todeta jarrujen toimivuus sekä mahdollisesti arvioida jarrutusvoimia lämpötilan perusteella. Perävaunun havaintoarvojen korrelaatiokerroin on 0,619, joka myös antaa ilmi voimakasta korrelaatiota lämpötilan ja jarruvoiman osalta.

Lämpötilojen mittaamisessa lämpökameralla on kuitenkin todella monta tekijää, mitkä vaikuttavat saatuihin tuloksiin. Tätä ei siis voida pitää täysin luotettavana keinona mitata jarrujen toimivuutta, vaikkakin korrelaatiot tässä testissä osoittavat toista. Lämpökamera kuitenkin antaa suuntaa antavia tuloksia, joista voidaan osittain päätellä jarrujen toimivuus ennen katsastusta sekä nähdä jarrujen välisiä eroja.

#### 7.4 Renkaan paineen laskemisen vaikutus lämpötilaan

Tässä testissä kokeiltiin havainnoida lämpökameran avulla rengaspaineen putoamisen vaikutusta renkaan kyljestä mitattavaan lämpötilaan. Testi ajettiin tyhjällä kuorma-autolla sekä ajoneuvon teliakseli ylös nostettuna. Reitti, jolla rengasta lämmitettiin ajamalla, oli 25 kilometriä pitkä ja se oli kokonaan valtatietä lukuun ottamatta pihaan kääntymistä sekä reitin toisessa päässä olevaa pysäköintialuetta, jossa ajoneuvo käännettiin takaisin terminaalia kohti. Vauhti kuorma-autolla testin aikana valtatiellä oli 80–85 km/h.

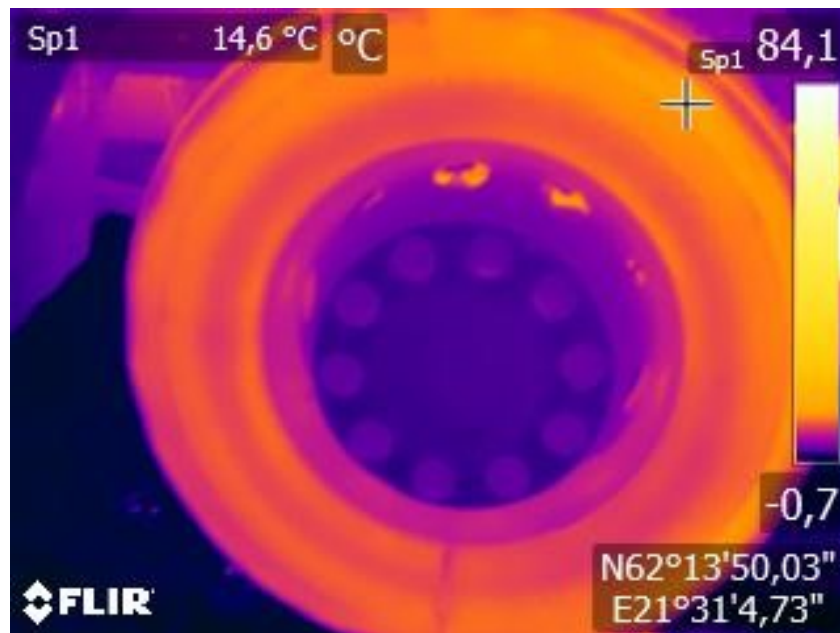
Tie oli koehetkellä märkä ja suolattu, joten renkaat kastuivat kokeen aikana. Ulkolämpötila oli +2 °C, aurinko ei paistanut sekä vettä satoi vähän. Eli ulkoiset tekijät vaikuttivat varsinkin vesisateen osalta renkaiden lämpötiloihin, sillä vesi jäähdytti renkaan kyljen lämpötilaa.

Rengaspaineet mitattiin jokaisen uuden ajetun reitin jälkeen rengaspainemittarilla, jossa oli bar-astetaulukko. Bar-asteikko muutettiin tuloksissa SI-järjestelmän paineen yksiköksi Pascal seuraavasti, 1 bar = 100 000 Pa = 100 kPa.



Testin ensimmäisessä osuudessa ajettiin 25 kilometrin reitti, jotta renkaan lämpötila nousisi ja rengaspaineet renkaissa saavuttaisivat käyttölämpötilansa. Lämpötilat mitattiin heti ajoneuvon pysähtyttyä. Molemmat renkaat saavuttivat vallitsevissa olosuhteissa lämpötilan  $14,6^{\circ}\text{C}$  renkaan kyljestä mitattuna.

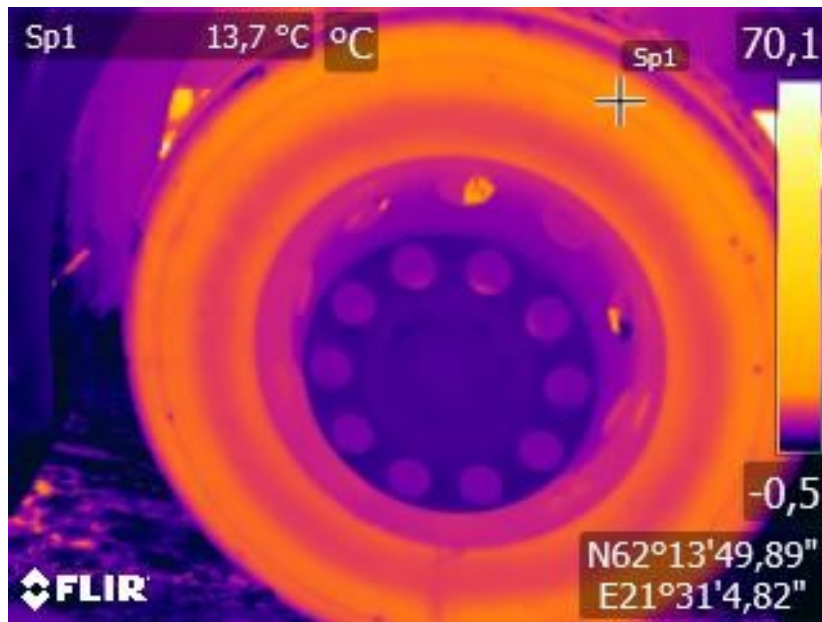
Rengaspaineet mitattiin myös heti lämpökuvien ottamisen jälkeen, jolloin vasemmassa renkaassa oli 870 kPa paine ja oikeassa 890 kPa paine.



Kuvio 14. Oikea eturengas 890 kPa

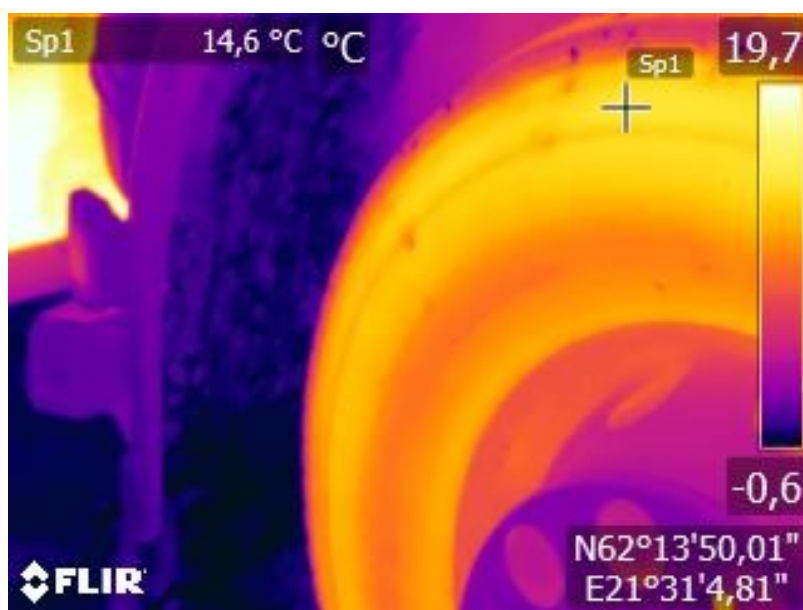
Seuraavassa vaiheessa pudotettiin oikean eturenkaan painetta 890 kilo Pascalista 100 kPa pois, jolloin renkaassa oli 790 kPa paine. Vasemman renkaan paineeksi jätettiin alussa olleen 870 kPa paine. Eli renkaiden paineen erona oli 80 kPa.

Kuorma-autolla ajettiin jälleen sama 25 kilometrin reitti, jolloin renkaiden lämpötilat muuttuisivat. Tällä kertaa molempien renkaiden lämpötilat muuttuivat alkutilanteeseen nähden, sekä toisiinsa nähden. Vasen rengas saavutti  $11,9^{\circ}\text{C}$  lämpötilan ja oikea  $13,7^{\circ}\text{C}$  lämpötilan.



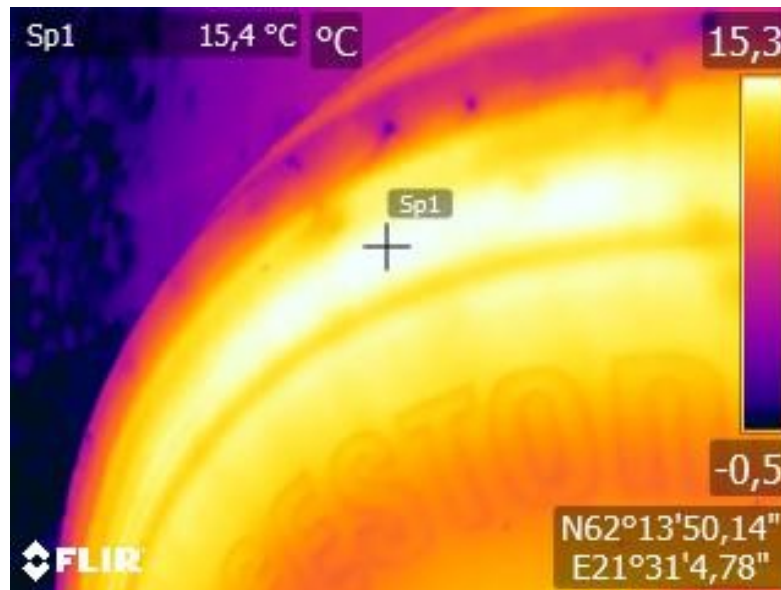
Kuvio 15. Oikea eturengas 790 kPa

Kolmannessa vaiheessa oikeasta renkaasta pudotettiin taas 100 kilo Pascalia pois, jolloin renkaassa oli 690 kPa paine ja vasemmassa säilytettiin edelleen sama 870 kPa paine. Paine eroa renkaiden välillä 180 kPa. Reitin ajettua renkaiden lämpötiloiksi saatiin 12,2 °C vasemmassa ja 14,6 °C oikeassa.

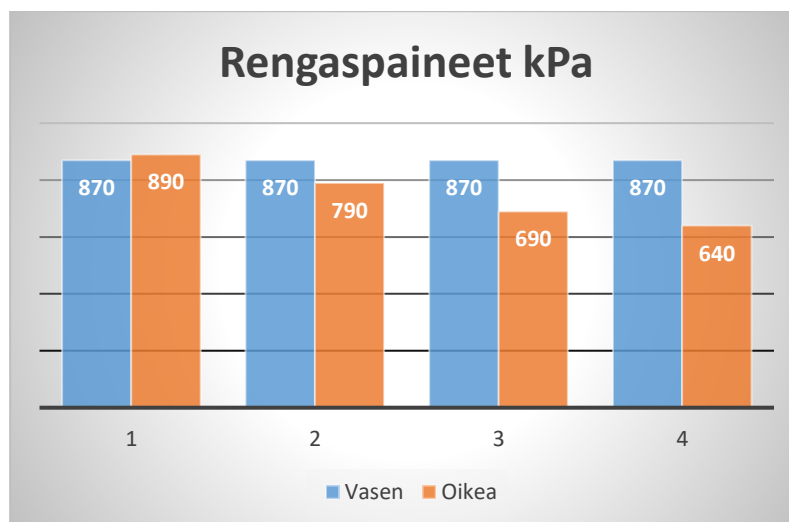


Kuvio 16. Oikea eturengas 690 kPa

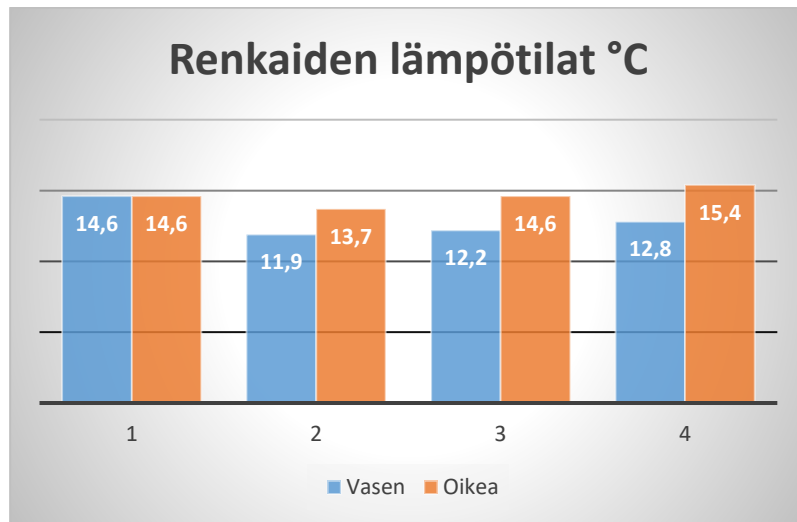
Neljännessä, eli viimeisessä vaiheessa oikeasta renkaasta pudotettiin vielä 50 kPa painetta pois. Oikean renkaan paineen ollessa 640 kPa renkaasta voitiin erottaa jo silmä­määräisesti, että siinä on pienempi rengaspaine kuin vasemmassa renkaassa. Vasem­paan renkaaseen jätettiin jälleen 870 kPa paine ja kuorma-autolla ajettiin testin viimei­nen 25 kilometrin reitti. Reitin jälkeen vasemman kyljen lämpötila oli 12,8 °C ja oikean renkaan 15,4 °C.



Kuvio 17. Oikea eturengas 640 kPa



Kuvio 18. Rengaspaineet



Kuvio 19. Renkaiden lämpötilat

Taulukko 4. Renkaiden paineet ja lämpötilat

Paine	1	2	3	4
Vasen	870	870	870	870
Oikea	890	790	690	640

Lämpötila	1	2	3	4
Vasen	14,6	11,9	12,2	12,8
Oikea	14,6	13,7	14,6	15,4

Oikean renkaan muutos vasempaan verrattuna

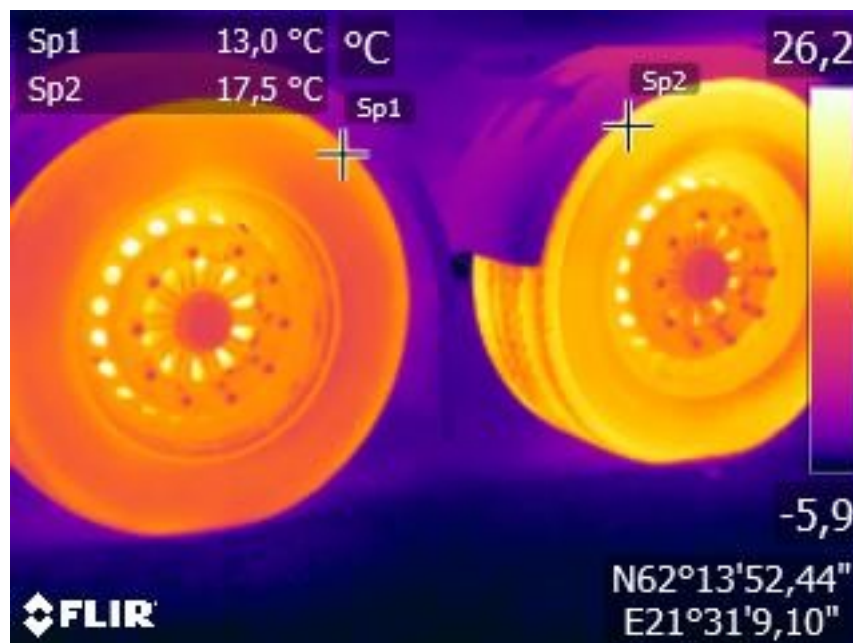
1	2	3	4
0 %	15 %	20 %	20 %

Oikean renkaan muutos alkulämpötilaan verrattuna

1	2	3	4
0 %	-6 %	0 %	5 %

Tuloksissa nähdään, että tyhjempi rengas lämpenee jopa viidenneksen toiseen eturenkaiseen nähden. Tulos oli odotettavissa, koska paineen putoaminen aiheuttaa renkaan lyttyyn menemisen ja sitä myötä renkaan lämpenemisen. Myös sään ja sateen vaikutus näkyy tuloksissa, koska vasemmassa renkaassa tapahtui myös lämpötilamuutoksia samaa reittiä ajettaessa, samanlaisella kuormituksella.

Myös työkäytössä olevista ajoneuvoista löytyi selviä renkaiden lämpötilaeroja. Yleisesti renkaiden lämpötilat celsiusasteina eivät olleet kuin muutamia asteita, mutta prosenttilukuina lämpötilaerot olivat selviä. Kuten kuviossa 20 nähdään, lämpötilojen ero renkaiden välillä on  $4,5^{\circ}\text{C}$ , mutta prosentteina ero on kuitenkin 35 %. Myös kuvioista voidaan todeta, että oikealla olevan renkaan muoto on lämpökameralla tutkituna hieman erilainen kuin vasemman.



Kuvio 20. Renkaiden lämpötilaero

## 7.5 Kuormatilat

Kuormatiloista tutkittiin lämpökameran avulla erilaisia tiivisteiden ja eristeiden vaurioita. Lämpökuvia otettiin sekä ulkoa että kuormatilan sisältä. Myös kylmäkonelaitteistoja käytettiin, jotta saataisiin suurempi lämpötilaero kuormatilan ja sen ulkopuolella olevan ulkoilman välille.

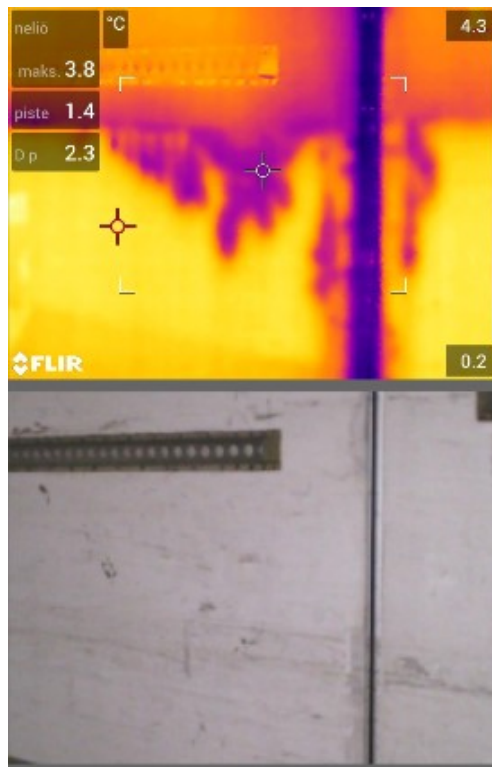
Kuormatilojen kuntoa oli hyvä selvittää, jotta piilevät vauriot voidaan korjata tarvittaessa ajoissa, eikä kuormatilalle ehtisi syntyä vakavia, kalliita vaurioita. Myös heikentynyt eristyskyky kasvattaa lämmönsäätelylaitteen polttoaineen kulutusta.

### 7.5.1 Kosteusvauriot

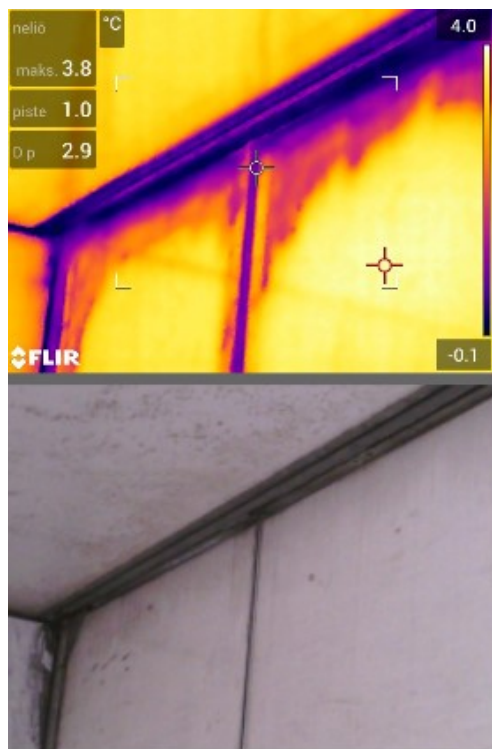
Lämpökameraa on sovellettu paljon rakennustekniikassa, jossa sillä pyritään etsimään puutteellisia eristyksiä, lämpöenergiaa kuluttavia vuotoja sekä kylmäsiltoja. Lämpö- ja ilmavuodot aiheuttavat asumisviihtyvyyden laskemisen lisäksi myös ongelmia talon rakenteissa. Kylmän ulkoilman ja lämpimän sisäilman kohdatessa eristeessä, siihen tiivistyy kosteutta, joka ajansaatossa aiheuttaa homevaurioita. (Raksystems 2018.)

Samat asiat pätevät kuljetuskaluston kuormatiloihin. Eristeisiin päässyt kosteus heikentää eristystä sekä lisää myös homevaurion riskiä, joka ei ole suotavaa varsinkaan elintarvikekuljetuksia ajatellen. Eristeiden heikentyminen myös lisää riskiä lämpösäädelyiden tuotteiden pilaantumiseen väärän lämpötilan takia. Talvella kuljetuksessa seinän vieressä olevat kuljetustuotteet voivat pahimmassa tapauksessa jäätyä, koska myös seinässä oleva kosteus jäätyy ja kylmentää seinän pinnan.

Lämpökameralla otetuissa lämpökuvissa kosteus näkyy kylmempänä valuman muotoisena alueena kuin seinänässä olevat kuivat osat. Lämpötilaeroa kuivalla ja kostealla alueella oli mittauksessa 2,4-2,8°C (kuviot 21-22). Mittaushetkellä ulkoilman lämpötila oli -2 °C ja kuormatilassa vallitsi käytännössä ulkoilman kanssa sama lämpötila.



Kuvio 21. Kosteusvaurio kylkioven keskiosissa



Kuvio 22. Kosteusvaurio kylkioven yläosissa

Suurin osa tutkimuksissa havaituista kosteusvaurioista oli kuormatilan vasemmassa kyljessä, eli avattavissa sivuovissa. Sivuovent joutuvat suuremmalle rasitukselle kuin oikealla puolella oleva kiinteä seinä. Esimerkiksi ovia avattaessa ne altistuvat herkästi erilaisille kolhuille, jotka saattavat aiheuttaa pintamateriaaliin vaurion, josta kosteus pääsee kertymään oven sisään. Myös kaikki kuormatilat, joissa esiintyi kosteusvaurioita, olivat melko vanhoja ja paljon käytettyjä, joten kosteuden kertyminen niiden eristeisiin oli kestänyt oletettavasti monia vuosia.

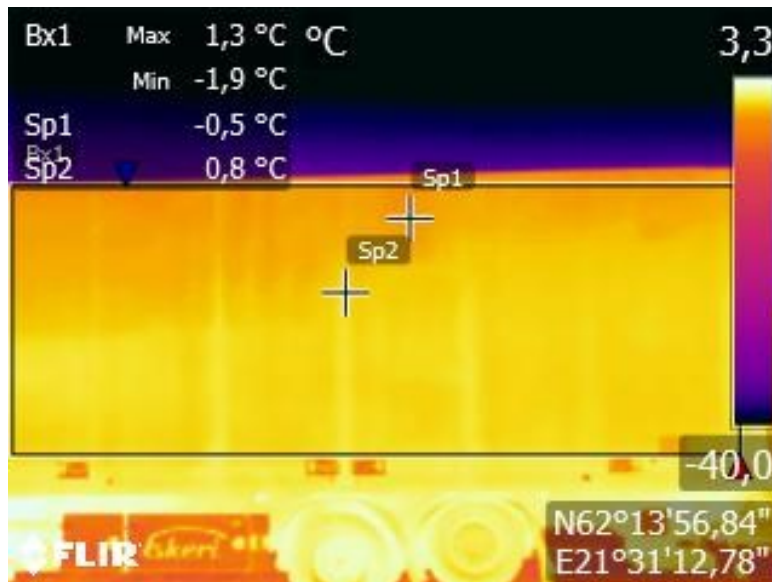
### 7.5.2 Eristeiden tutkiminen

Tässä testissä tutkittiin kuormatilojen saranoiden ja eristelevyjen lämpötilojen vuoto-kohtia. Lämpökuvia otettiin kahdesta ajoneuvoyhdistelmästä, joissa toisessa oli FNA-luokiteltu kuormatila ja toisessa FRC-luokiteltu kuormatila, sekä perävaunuista toisessa oli avattava kylki ja toisessa kiinteä seinä. Vertailuun päätettiin ottaa kuorma-auto, jossa on avattava FNA-kuormatila sekä perävaunu, jossa on kiinteäsivuinen FRC-kuormatila.

Alkutilanteessa kuviossa 23 FNA-kuormatilan lämpötila vastasi vallitsevaa ulkolämpötilaa - 2 °C. Kuormakorin seinästä mitatut lämpötilapisteet olivat alkutilanteessa seuraavat; seinäelementti Sp1 -0,5 °C, saranatiiviste Sp2 0,8 °C, maksimipiste 1,3 °C ja minimipiste -1,9 °C. Tämän jälkeen lämmönsäätelylaite asetettiin lämmittämään kuormatila + 20 °C:een ja odotettiin noin 45 minuuttia.

Kuvion 24 lämpötilat mitattiin kuormakorista, kun lämpötila oli noussut kuormatilassa +20 °C. FNA-kuormakorin seinästä mitatut lämpötilapisteet olivat seuraavat; seinäelementti Sp1 0,6 °C, saranatiiviste Sp2 2,3 °C, maksimipiste 2,7 °C ja minimipiste -1,0 °C.





Kuvio 23. FNA-kuormatilan sivuovet



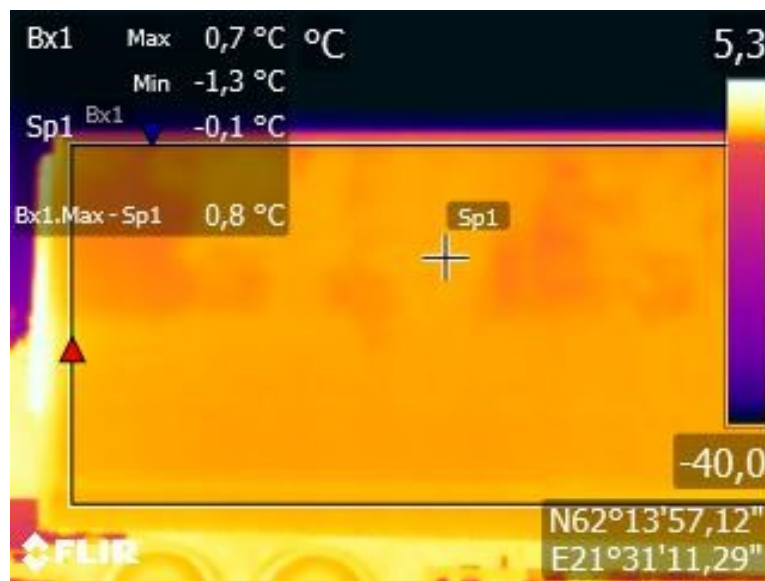
Kuvio 24. FNA-kuormatilan sivuovet

Lämpötila-arvoista voidaan todeta, että FNA-korisen tiiviisteet lämpenevät hieman myös ulkoa, mutta se on tavanomaista kumiselle eristeelle. Keskisauma lämpeni  $1,9^{\circ}\text{C}$ , joka ei ole kovin suuri lämpötilan nousu siihen nähden, että kuormakorin ja

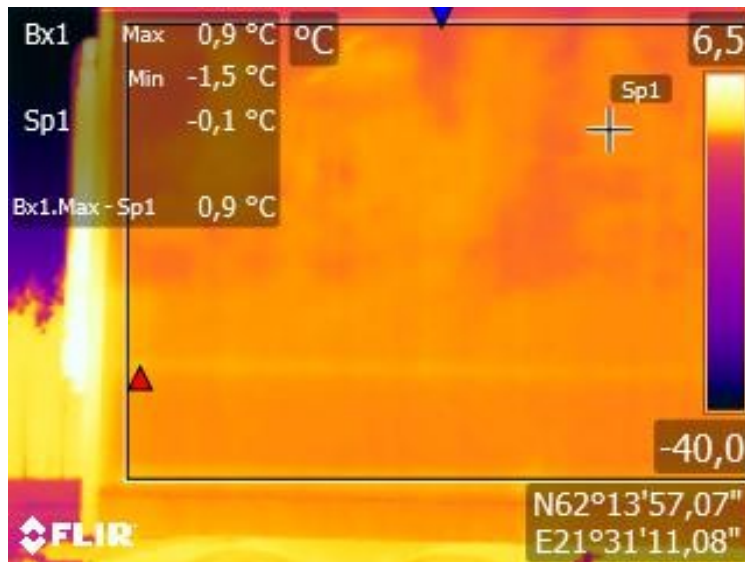
ulkoilman lämpötilaeroa oli yli 20 °C. Kuviosta näkee myös selvästi ovien saranoiden lämpiämisen ja niiden näkymisen lämpökuvassa vaaleampina raitoina.

FRC-kuormatilalla tehtiin myös samanlainen testi kuin FNA-kuormatilalla. Kuvion 25 lämpötilat otettiin kylmästä kuormatilasta ja lämpötila-arvot olivat seuraavia; Seinäelementti Sp1 -0,1 °C, maksimi 0,7 °C ja minimi -1,3 °C.

Raskaammin eristetyssä ja ovettomassa FRC-kuormatilassa, ulkoseinän lämpötilat eivät juuri muuttuneet 45 minuutin aikana, vaikka sisälämpötila nostettiin +20 °C:een. Kuormatilan seinästä mitatut lämpötilapisteet olivat seuraavat; seinäelementti -0,1 °C, maksimi 0,9 °C ja minimi -1,5 °C.

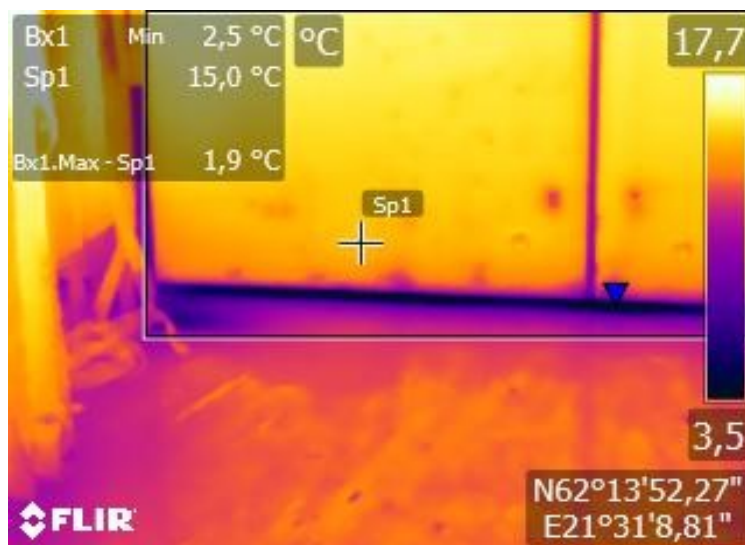


Kuvio 25. Kiinteäseinäinen FRC-perävaunu



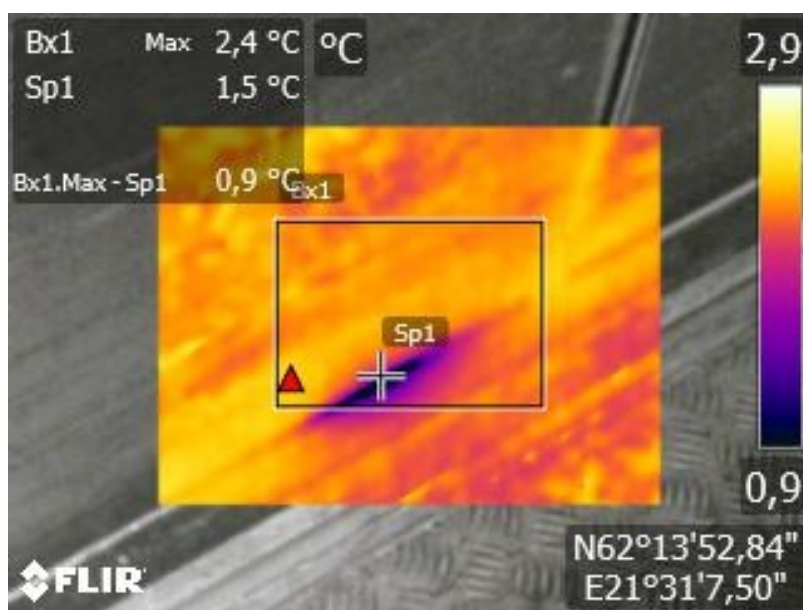
Kuvio 26. Kiinteäseinäinen FRC-perävaunu

Muita eristeiden tutkimisessa tehtyjä havaintoja olivat muun muassa kuormatilojen takaovien alaeristeen vuodot. Monessa kuormatilassa takaovien alaosiin syntyi suuren lämpötilaeron kylmäsilta. Kuviosta 27 nähdään, että 20 °C lämpimässä FRC-kuormatilassa takaoven alapinnan ja eristeen välinen lämpötilaero on 12,5 °C.



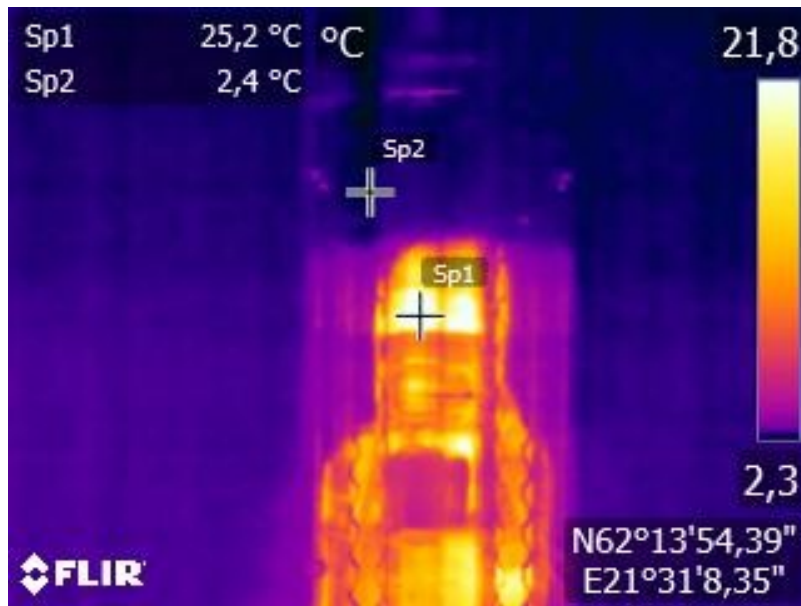
Kuvio 27. FRC-kuormatilan takaovet

Myös lattian ja kylkiövien välisessä eristekumissa oli pieniä vaurioita, jotka näkyivät lämpökameralla. Eristeessä olevan vaurion ei tarvitse olla suuri, että on havaittavissa lämpökameralla (kuvio 28). Tämä eristekumi on myös altis erilaisille osumille, jotka heikentävät sen eristyskykyä. Kylkilastauksessa trukin piikki saattaa osua kumiin, jolloin siihen syntyy reikä.



Kuvio 28. Reikä sivuoven alatiivisteessä

Sisältä päin kuormatiloja kuvattaessa tuli myös ottaa huomioon kuormatilojen erilaisien materiaalien emissiokertoimet. Kuormatilojen alareunassa oleva potkupelti on kirkasta alumiinia tai peltiä, jolloin se heijastaa paljon myös muualta tulevaa lämpösäteilyä. Lisäksi myös useissa kuormatiloissa oli Ekload-kaksikerroskuormauspuomit, joten niiden seinässä olevat kiskot myös heijastivat muualta tulevaa lämpösäteilyä (kuvio 29).



Kuvio 29. Kuvaajasta heijastunut lämpösäteily alumiinissa

## 7.6 Muita kohteita

Muita kohteita, joista ajoneuvoista otettiin satunnaisia mittauksia, olivat AdBlue-tankki sekä tasauspyörästö. Näistä kohteista ei otettu tarkempaan analyysiin lämpötiloja, mutta ne ovat helposti mitattavia kohteita ajoneuvoa kierretäessä.

SCR- (Selective catalytic reduction) katalysaattori asennetaan dieselmoottorikäyttöisten ajoneuvojen pakoputkistoon. SCR-katalysaattori tarvitsee toimiakseen ureavesiliuosta eli ISO- ja DIN-standardisoitua AdBlue-lisäainetta. AdBlue on lisäaine, jota käytetään ajoneuvoissa dieselin lähipäästöjen pienentämiseksi. AdBluen avulla täytetään Euro 4-, Euro 5- ja Euro 6 -päästönormien vaatimukset pakokaasujen päästöjen pienentämiseksi. Kyseinen aine jäätyy  $-11^{\circ}\text{C}$ , joten se täytyy varastoida lämmitettävään säiliöön talvella (Heiskanen 2014, 21). AdBlue-tankki lämmitetään sähköisesti, ettei

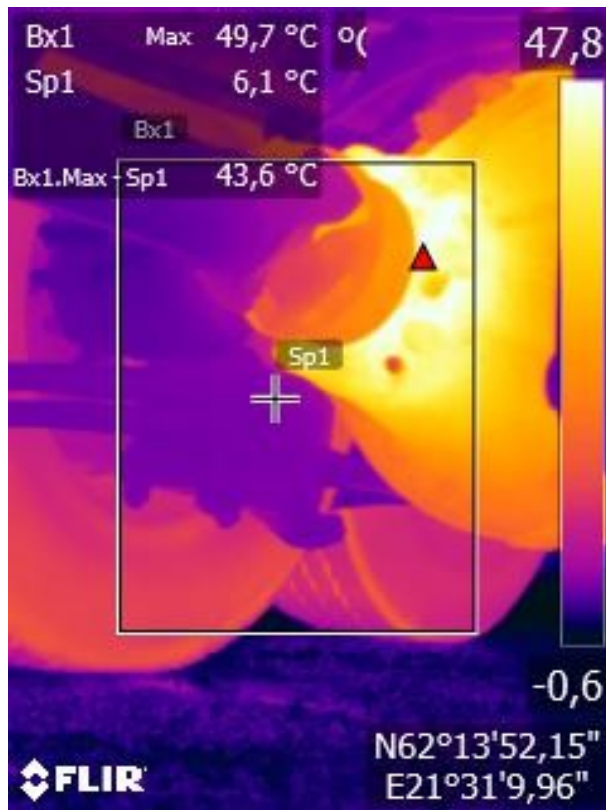
aine tankissa jäätyisi talvella. Lämmitysvastuksen toiminnan kunnon toteaminen lämpökameralla on yksinkertainen ja helppo tapa.



Kuvio 30. Ad-blue säiliö pysäköidyssä ajoneuvossa

Vetopyörästö on kuorma-auton voimansiirron tärkeämpiä kohteita. Se on vahvarakenteisen taka-akselikotelon sisällä. Sen tehtävänä on jakaa moottorilta kardaaniakselia pitkin tullut voima tasauspyörästölle ja siitä vetoakseleiden kautta vetopyöriin. Tasauspyörästö myös sallii vetäville pyörille erilaiset pyörimisnopeudet kaarteessa ajettaessa (Heiskanen 2014, 78.)

Vetopyörästö joutuu mekaanisen rasituksen kohteeksi siirtäessään voimaa vetopyörille, joten se on voideltu vetopyörästö-öljyllä. Öljyn laadun heiketessä se ei pysty voitelemaan vetopyörästöä suunnitellulla tavalla ja öljy alkaa lämmetä. Myös mekaaninen vaurio vetopyörästön rattaissa nostaa lämpötilaa. Lämpeneminen näkyy vetopyörästön ulkokuoressa ja se pystytään havainnoimaan lämpökameran avulla ilman, että ajoneuvon alle tarvitsee mennä.



Kuvio 31. Vetopyörästön ulkokuori

## 8 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voitaisiinko lämpökameraa käyttää kuljetus-  
kaluston huoltotoimenpiteiden sekä huollon ennakkoinnin työkaluna. Tavoitteena oli  
löytää vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Voidaanko lämpökameran avulla saada luotettavaa lämpötiladataa ajoneuvojen alus-  
tojen lämpötiloista?
2. Millaisia lämpötiloja ajoneuvojen alustoista sekä kuljetustiloista mitataan, niiden ol-  
lessa kunnossa tai vaurioituneita
3. Pystytäänkö lämpökameralla löytämään kuormatilasta saranoiden ja eristeiden läm-  
pötilavuotoja sekä eristeisiin päässyttä kosteutta?
4. Pystytäänkö lämpökameran avulla analysoimaan jarrujen toimintaa samantapaisesti kuin  
jarrudynamolla?



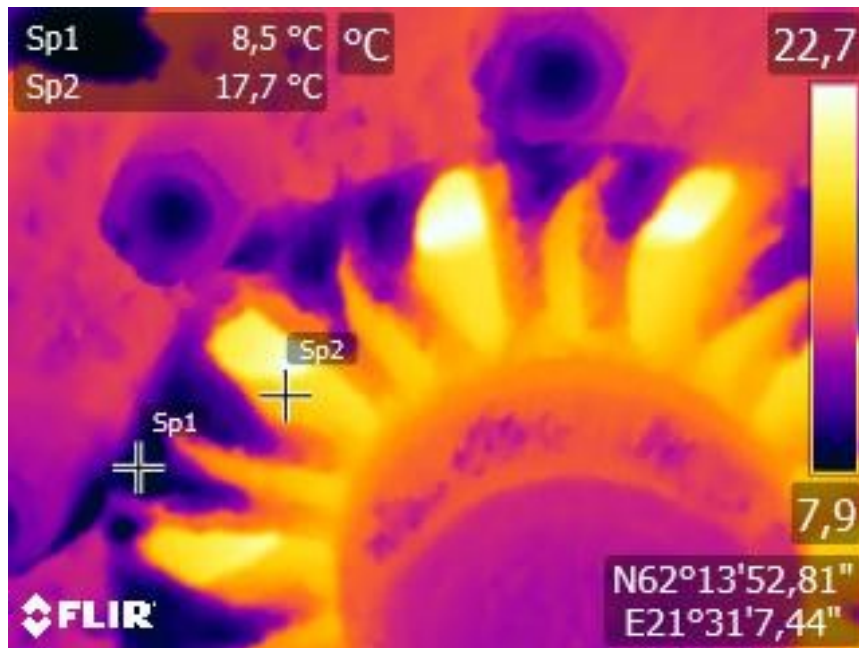
Lämpökameralla ajoneuvoja kuvattaessa saatuihin lämpötilatietoihin vaikuttivat monet ulkoiset tekijät mutta myös ajoneuvojen ominaisuudet. Esimerkiksi kuljetettavien kuormien massat ja painojakauma vaikuttivat yksittäisten osien lämpötiloihin eripuo- lilla ajoneuvoa. Myös kuljettajien toiminta vaikutti ajoneuvon alustojen lämpötiloihin, etenkin jarrujen osalta. Jotkut kuljettajat jarruttivat voimakkaammin kääntyessään terminaalin pihaan kuin toiset, jonka vuoksi joidenkin ajoneuvojen alustan osien läm- pötilat poikkesivat samalla kuvauskerralla otettujen, toisten ajoneuvojen lämpötiloista jopa huomattavan paljon.

Yhdestäkään ajoneuvosta ei havaittu lämpötilan nousua aiheuttavia vakavia ongelmia kummankaan lämpökuvausjaksojen aikana. Pieniä poikkeuksia kuvausjaksoilla saa- duissa tuloksissa oli nähtävissä, mutta ne olivat yleensä sään, mittausvirheen tai esi- merkiksi voimakkaan jarrutuksen seurauksia. Oletettavasti vian ilmentyessä eri alustan osissa lämpötilat pyrkisivät nousemaan huomattavan korkeiksi, jolloin ne olisivat näh- tävissä helposti lämpökameran avulla.

Ulkoisista tekijöistä suurin lämpötilatietojen vääristäjä oli sääolosuhteet. Kesällä au- ringonpaiste lämmittää ajoneuvoissa olevia pintoja. Ajoneuvon varjossa olevien osien mitatut lämpötilat olivat jopa 20 °C alhaisemmat, kuin auringossa olevien. Ulkoilman lämpötilat vaikuttivat mittauksissa saatuihin tuloksiin suoraviivaisesti ja ulkoilman lämpötila tuli ottaa aina kuvattaessa huomioon. Myös vesisateen vaikutus mitattaviin lämpötiloihin oli melko suurta. Vesi pyrkii jäähdyttää pintoja, jolloin mittaustulos on erilainen verrattuna kuivan kelin aikaan.

Talvella mittausten aikana ei satanut lunta, joka olisi tarttunut ajoneuvojen rakentei- siin ja alustoihin. Myös ulkolämpötilat mittausten aikana olivat poikkeuksellisen kor- keita, eikä keskitalvelle ominaisten pakkaskelien vaikutusta päästy tutkimaan. Talvijak- solla kuitenkin tiestöä suolattiin, joten lauhalle talvisäälle ominaista auton kuraantu- mista tapahtui. Suolakura vaikutti ajoneuvojen alustojen mitattuihin lämpötiloihin niin että pintoihin tarttunut suolakura loi pinnoille kylmiä kohtia, mitkä hankaloittivat oi- keiden lämpötilojen saantia, varsinkin renkaista ja navoista. Pinnoille tarttuneen kuran lämpötilan käyttäytyminen poikkesi melko paljon puhtaan pinnan vastaavasta lämpö- tilakäyttäytymisestä (kuvio 32).





Kuvio 32. Suolakuran vaikutus

Jarrujen lämpötiloista on vaikea saada täysin absoluuttista lämpötilaa, koska jarrulevyn jarrutuspinta on kiiltävä jarruttamisen takia. Tästä syystä jarrulevyn emissiivisyyskerroin on pieni ja pienen emissiokertoimen takia jarrulevy heijastaa paljon myös ympäriltä tulevaa lämpösäteilyä. Jarrujen tehoa ei siis täysin pysty analysoimaan lämpökuvien avulla, vaikkakin jarrujen lämpötila – jarruvoima -testin perusteella niiden korrelaatio keskenään olikin voimakasta. Myös jarrujen lämpötilan mittaaminen oli tietyissä tilanteissa hankalaa. Joissain vanteissa ei ollut sellaisia tuuletusaukkoja, joiden kautta jarrulevyn lämpötilaa olisi voitu mitata.

Akseleilla, joissa oli paripyörät, jarrut olivat erityisen hankalia mitattavia. Paripyörien takia jarrulevyt jäivät edestä katsottuna kahden vanteen taakse ja auton alta katsoen jarrukilven taakse. Paripyörien välistä saattoi lämpökameralla nähdä jarrulevyn, jos sisemmässä vanteessa oli tarpeeksi suuret reiät. Usein kuitenkin paripyöriltä mitattu jarrujen lämpötila voitiin jo mittaustilanteessa todeta virheelliseksi, verrattuna muiden akselien lämpötiloihin, koska jarrulevy ei ollut kunnolla nähtävissä.

Jarruja kuvattaessa olikin syytä miettiä lämpötilan perusteella jarrujen toimivuutta, ei niinkään jarrutusvoimaa lämpötilan perusteella. Myös jarruista mitattuihin lämpötila-arvoihin täytyi suhtautua melko kriittisesti, koska mittaus saattoi helposti olla virheelinen, edellä mainittujen asioiden vuoksi. Lämpökameran avulla pystyttiin osittain osoittamaan lämpötilan perusteella jarrujen jarrutusvoimia. Koska otanta perustui vain kahteen ajoneuvoon ja muiden ajoneuvojen lämpökuvauksessa havaittiin ongelmia, pitää tuloksiin suhtautua hieman kriittisesti. Työkaluna jarrujen toiminnan tutkimiseen lämpökamera soveltuu, mutta dynamometrin tarkkuuteen se ei pääse.

Renkaiden lämpötila – painetesti osoitti, että renkaat lämpenevät, jos renkaassa oleva rengaspaine laskee. Oli odotettavaa, että lytyssä oleva rengas lämpenisi, mutta tulosten perusteella lämpötilaero renkaiden välillä oli noin 20 % ennen kuin rengaspaineen laskemista huomasi silmämääräisesti. Renkaisiin ulkoiset tekijät vaikuttivat paljon. Aurinkoisessa säässä renkaan kyljet lämpenivät melko voimakkaasti auringosta heijastuvien säteiden vuoksi. Sateisella säällä vesi viilensi renkaita, jolloin lämpötilat renkaissa laskivat.

Kuormatilojen lämpö- ja kylmävuodot vaikuttavat suoraan lämmönsäätelylaitteen polttoainetehokkuuteen. Lämpöä vuotavassa kuormatilassa lämmönsäätelylaite joutuu tekemään enemmän töitä pitääkseen kuormatilaan asetetun lämpötilan oikeana. Lämpökuvatuissa kuormatiloissa havaittiin pieniä lämpövuotoja takaovien alaosissa sekä sivusta aukeavan kyljen tiivisteissä. Lämpövuotoja havaittiin useimmiten vanhemmissa kuormatiloissa, jotka ovat joutuneet työkäytössä erilaisten rasitusten runteleiksi. Joissain kuormatiloissa ilmeni myös kosteusvaurioita seinäelementeissä sisältä päin kuvattaessa. Näitä ilmeni vanhemmassa kalustossa, jotka olivat ajan saatossa joutuneet erilaisten iskujen kohteeksi, jonka vuoksi eristeeseen oli hiljakseen päässyt kertymään kosteutta.

Muita kohteita ei lämpökuvattu järjestelmällisesti kuvausjaksojen aikana, vaan niistä otettiin satunnaisesti lämpökuvia. Lämpökamera soveltuu myös kuorma-autojen voimansiirron eri osien analysointityökaluksi. Lämpökuvauksesta olisi myös varmasti hyötyä korjaamokäytössä, jolloin esimerkiksi moottorin osista voisi ottaa lämpökuvia, kun kuorma-auton hytti on kipattuna alas.

Toimeksiantajan kuljetuskaluston kunnossapidossa lämpökameran käyttö soveltuu parhaiten kuormatilojen lämpövuotojen sekä kosteusvaurioiden tutkimiseen. Lämpövuotoja ja kosteusvaurioita oli helppo havaita lämpökameran avulla. Alustan osista lämpökuvauksen avulla oli helpoin analysoida napojen sekä renkaiden lämpötiloja, koska ne ovat helposti tutkittavissa sekä niiden pintamateriaalin emissiokerroin on hyvin suuri. Alustan osiin vaikutti kuitenkin ulkoiset tekijät enemmän kuin kuormatilojen osiin, joten ne täytyi ottaa enemmän huomioon analysoinnissa.

## 9 Pohdinta

Yhdestäkään lämpökuvatusta akselistosta ei löytynyt lämpökuvausjaksojen aikana huomattavia lämpötilapoikkeamia, jotka olisivat kielineet vakavasta vauriosta. Tämä oli kaluston kannalta hyvä asia, koska tiedettiin sen olevan kunnossa. Toisaalta analysointiin olisi ollut hienoa saada vauriosta kärsivä ajoneuvo, jolloin analysoinnista olisi tuloksiin saatu myös dataa vikojen aiheuttamasta lämpötilan noususta jossain ajoneuvon osassa. Vioittuneesta osasta olisi saanut tarkemmin analysoituna tärkeää lämpötiladataa tutkimukseen. Vioittuneesta ajoneuvosta olisi nähty, kuinka paljon lämpötilat olisivat nousseet verrattuna tavanomaiseen tilanteeseen nähden.

Lämpökameran käyttäminen osana ennakoivaa huoltotoimenpidettä osoittautui hyväksi keinoksi tutkia ajoneuvojen alustoja ja niiden lämpötilaeroja. Ison lämpötiladatan avulla voidaan verrata ajoneuvosta saatuja lämpötiloja edellisiin mittauksiin sekä muiden vastaavien ajoneuvojen mittauksiin. Lämpökuvien analysointi osoittautui käsin tehtäessä melko hitaaksi toimenpiteeksi ja yhden yhdistelmäajoneuvon kuvaamiseen ja analysoimiseenkin kului todella paljon aikaa. Yksittäin analysoituna lämpökuvista kuitenkin sai paljon informaatiota ja niiden lukutaito kehittyi koko ajan nopeammaksi.

Lämpökuvauksessa täytyi olla huolellinen, mutta kuitenkin riittävän nopea. Yhdistelmäajoneuvossa on kahdeksan tai yhdeksän akselia, joten sen kuvaamiseen lämpökameran kanssa menee jonkin verran aikaa. Hitaasti kuvatuissa ajoneuvoissa vasemman

ja oikean puolen osien lämpötilat voivat laskea useita asteita ajoneuvon ollessa pysäköitynä. Lämpötilan laskeminen vaikuttaa saatuihin tuloksiin, mutta ei kuitenkaan merkittävästi, jos ajoneuvossa olisi jotain vikaa. Silloin vikapaikassa olisi lämpötila kuitenkin noussut varsin korkeaksi, joka ei ajoneuvoa kuvattaessa ehtisi laskea muiden osien kanssa samoihin lämpötiloihin.

Luotettavan lämpökuvan ottamiseksi täytyi tietää eri pintojen ominaisuuksista, sekä niiden emissiokertoimista. Lämpökuvaus suoritettiin pääasiassa lämpökameran oletusasetuksilla ja tarvittaessa parametrejä muutettiin FLIR Tools -ohjelmistossa. Mielestäni tämä oli nopeampi keino muuttaa parametrejä pintojen ominaisuuksien mukaisesti kuin jatkuvasti kameran asetuksia vaihtamalla.

Lämpökameraa voidaan siis käyttää raskaankaluston vianetsinnässä ja ennakkoinnissa, niin sanottuna pikatestinä. Lämpökuvaaminen on varsin nopea tapa analysoida ajoneuvojen kuntoa lämpötilan perusteella. Sillä tosin ei voida yksiselitteisesti näyttää tiettyjä kohteita viallisiksi, vaan ne tulee aina tarkastaa muullakin tavoin, ennen korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä. Mahdollinen vikaantuminen täytyy lämpökameran lisäksi todeta muulla tavoin ja tutkia tarkemmin, jolloin voidaan varmistaa, pitääkö lämpökameralla saatu tulos vauriosta paikkansa.

Tulevaisuudessa laitehankintaa mietittäessä tulee arvioida automaation apua lämpökuvauksessa. Kiinteästi asennettavilla automatisoiduilla lämpökameroilla saataisiin otettua lämpötiedot huomattavasti helpommin ja nopeammin, kuin käsikäyttöisellä lämpökameralla. Sen avulla myös voitaisiin varmistaa, että mahdollisimman monta ajoneuvoa kuvattaisiin päivittäin. Kuljettajan olisi helppo ajaa ajoneuvo lämpökuvauspaikalle ja automaatio hoitaisi lämpökuvaamisen kuljettajan puolesta. Kuljettajia ei myöskään tarvitsisi kouluttaa käyttämään käsikäyttöistä lämpökameraa, jolloin lämpötiladataan saattaisi olla vääristymiä useiden kuljettajien käyttäessä lämpökameraa.

Yhden henkilön käytössä käsikäyttöinen lämpökamera on varmasti luotettavampi työväline kuin automatisoitu, mutta automatisoidulla laitteistolla pystytään keräämään huomattavasti enemmän lämpötiladataa ajoneuvoista, koska se olisi käytettävissä ym-

päri vuorokauden aina ajoneuvojen palatessa terminaalille. Automatisoidulla laitteistolla lämpökuvat otettaisiin aina samoista kohdista, joten lämpökuvia sekä lämpötiloja olisi helpompi verrata keskenään jo aikaisemmin otettujen kanssa. Automatisoitu järjestelmä osaisi myös ilmoittaa huollolle, jos ajoneuvoista mitattaisiin annetun raja-arvon ylittävä mittaustulos. Tällöin huoltohenkilökunta analysoisi lämpökuvan sekä tarkastaisi ajoneuvon kunnon ja tarvittaessa ottaisi ajoneuvon huollettavaksi.

Opinnäytetyön aihe oli todella mielenkiintoinen, koska tällaista tutkimusta ei ollut koskaan aiemmin tehty. Lämpökuvauksesta sekä lämpökameroista sai lyhyelläkin harjoittelulla paljon uutta oppia ja tietoa. Kaikkiin tutkimuskysymyksiin löydettiin vastaukset ja toimeksiantaja pystyy hyödyntämään saatuja tuloksia tulevaisuudessa kuljetuskaluston huoltoprosesseissa ja niiden ennakoinnissa.

## Lähteet

- Asp R., Tuominen T., Hyppönen H. 2015. Lämpökamera. Kunnossapito menestystekijä. Opetushallitus.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_k5\\_lampokamera.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k5_lampokamera.html).
- FLIR Exx-sarja. 2019. Infradex verkkosivu. Viitattu 7.2.2020.  
<https://www.infradex.com/flir-exx/>.
- FLIR Tools. 2019. Infradex verkkosivu. Viitattu 7.2.2020.  
<https://www.infradex.com/flir-tools/>.
- Infrapunatekniikan historiaa. 2016. Infradex verkkosivu. Viitattu 17.2.2020.  
<https://www.infradex.com/wp-content/uploads/2016/08/historia.pdf>.
- Kauppinen T. 2012. Rakennusten lämpökuvaus.  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120604.pdf>.
- Kuljetusliike Sampo Prosi Oy. 2020. Prosi verkkosivu. Viitattu 7.2.2020.  
<http://www.prosi.fi/index.php>.
- Korteniemi V. 2018. Kuorma-autojen ja kuorma-auton perävaunujen palot suomessa. Opinnäytetyö, AMK. Savonia ammattikorkeakoulu, Tekniikka, Palopäällystön koulutusohjelma. Viitattu 25.2.2020.
- KvantiMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. 2004. Korrelaatio ja riippuvuusluvut. Verkojulkaisu. Tampere. Viitattu 13.4.2020.  
<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/korrelaatio/korrelaatio.html>.
- Lämpökameran toiminta. N.d. Infradex verkkosivu. Viitattu 31.1.2020.  
<https://www.infradex.com/lamposateily-ja-lampokamera/>.
- Lämpökuvauksen teoria. 2016. Infradex verkkosivu. Viitattu 6.2.2020  
<https://www.infradex.com/wp-content/uploads/2016/08/teoria.pdf>.
- Lämpösäteily ja infrapuna. N.d. Infradex verkkosivu. Viitattu 31.1.2020.  
<https://www.infradex.com/lamposateily-ja-lampokamera/>.
- Mitkä ovat perävaunujen yleisimmät viat. 2019. Toplift blogi. Viitattu 19.2.2020.  
<https://www.toplift.fi/blogi/mitka-ovat-peravaunujen-yleisimmat-viat>.
- Heiskanen E. 2014. Kuorma-autonkuljettajan ammattipätevyyskirja. Suomen Kuljetusturva Ky.
- PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardsitointi yhdistys ry.

Puusniekka A., Saaranen-Kauppinen A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkojulkaisu. Tampere. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 27.4.2020. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/index.html>.

Rakennuksen lämpökuvaus on puolueeton tutkimus. 2018. Raksystems verkkosivu. Viitattu 24.2.2020. <https://www.raksystems.fi/2018/10/26/rakennuksen-lampokuvaus-on-puolueeton-tutkimus/>.

Tutkijan ABC. 2015. RajatOn verkkosivu. Viitattu 27.4.2020. <https://rajatontatiedekasvatusta.wordpress.com/info/tekijanoikeudet/>.

Öhman C. 2014. Measurement in thermography. FLIR systems and infrared training center. Täby, Sweden.

## Liitteet

Liite 1. Excel-taulukko alustojen lämpötiloista

Auto/Pv	Akseli	Puoli	Pvm	Ulkolämp	Napakorkk	Navan juur	Vanne	Rengas	Jarru
Auto	1	Oikea	4.7.2019	12	45	50,5	35	45,8	70,1
Auto	1	Oikea	4.7.2019	17	39,7	44	30	35	
Auto	1	Vasen	4.7.2019	12	38,3	40,6	35,5	42,2	64
Auto	1	Vasen	4.7.2019	17	36,5	39	28,5	38	125
Pv	3	Oikea	4.7.2019	17	23,7	26,9	23,1	30	44,4
Pv	5	Vasen	4.7.2019	17	21,9	23,5	23,7	31,5	43,1
Pv	5	Vasen	4.7.2019	12	19,2	23,7	24,6	30,1	45,8
Auto	3	Oikea	4.7.2019	12	38	40,1	34,2	35	45,6
Pv	4	Oikea	4.7.2019	12	16,8	25	24,6	29	40
Auto	2	Oikea	4.7.2019	12	42	43,8	38	44,7	
Auto	2	Vasen	4.7.2019	12	41	42,5	34	28,9	
Auto	2	Oikea	4.7.2019	17	34	37,7	36,5	52	
Pv	3	Vasen	4.7.2019	17	22,6	25,2	24,6	27,5	47,2
Auto	2	Vasen	4.7.2019	17	30,3	35,9	27,7	48	
Pv	4	Vasen	4.7.2019	17	25,1	30	24,6	31,3	45,3
Auto	3	Vasen	4.7.2019	12	40	42	38,2	42,9	
Pv	3	Vasen	4.7.2019	12	19	25,4	25	26,1	47,2
Pv	2	Oikea	4.7.2019	17	21,3	25,4	25	30,9	36
Pv	4	Vasen	4.7.2019	12	23	32,2	25,8	30,1	53,9
Auto	3	Oikea	4.7.2019	17	30,1	32	25,6	28,2	
Pv	1	Oikea	4.7.2019	17	23	25,5	25,9	29	41,7
Pv	3	Oikea	4.7.2019	12	20,8	26	26	30	54
Pv	5	Oikea	4.7.2019	12	19,8	24,4	27,2	31,7	50,3
Auto	3	Vasen	4.7.2019	17	29,5	30	26,2	29	
Pv	2	Vasen	4.7.2019	17	23,1	26	27,5	31,8	39
Pv	1	Vasen	4.7.2019	17	22,6	25,2	28	36,8	32
Pv	5	Oikea	4.7.2019	17	23,7	27,2	28,1	36	37,5
Pv	4	Oikea	4.7.2019	17	24,6	28,2	29,3	37	35
Pv	2	Vasen	4.7.2019	12	21,1	26,5	30,5	34,4	49,3
Pv	1	Oikea	4.7.2019	12	22,2	27,3	31,4	34,8	44,5
Pv	1	Vasen	4.7.2019	12	20,4	26,8	31,8	35,2	42
Pv	2	Oikea	4.7.2019	12	21,6	29,4	32	33,8	45,5
Auto	1	Vasen	9.7.2019	20	34,2	34,5	36,5	50	45
Auto	1	Oikea	9.7.2019	20	33,1	34,1	37,2	44,4	
Auto	1	Oikea	9.7.2019	20	31,3	32,7	28	34,4	60,5
Auto	1	Vasen	9.7.2019	20	29,4	30,1	28	42,3	76,1
Auto	2	Oikea	9.7.2019	20	35,5	35,9	28,6	33,8	
Pv	3	Oikea	9.7.2019	20	20	21,8	22,1	27,5	33,3
Pv	4	Oikea	9.7.2019	20	17	22,1	22,6	27,3	31,8
Pv	5	Vasen	9.7.2019	20	19,9	21,3	23,1	30,2	36,8
Pv	3	Vasen	9.7.2019	20	20,2	22,9	23,1	26,9	38,9
Pv	4	Vasen	9.7.2019	20	23,7	30	23,8	27	39,8
Auto	2	Vasen	9.7.2019	20	33,9	36,1	29,3	34,2	
Pv	5	Oikea	9.7.2019	20	20,1	21,5	24,5	32,2	33,1
Pv	2	Oikea	9.7.2019	20	23	24	24,7	30,6	30,9
Auto	2	Oikea	9.7.2019	20	41,7	44,5	35	44,5	
Pv	2	Vasen	9.7.2019	20	20,7	22,4	24,9	31,7	31,2
Pv	1	Oikea	9.7.2019	20	23,6	29,5	25,1	29,2	32,5
Pv	1	Vasen	9.7.2019	20	22,8	25,7	28,7	35,3	38,3



Pv	1 Vasen	9.7.2019	20	34,4	38,6	33,3	40,4	
Pv	5 Oikea	9.7.2019	20	28,6	30,6	33,4	38,5	
Pv	5 Vasen	9.7.2019	20	28,7	31,6	34,4	44,2	
Pv	2 Oikea	9.7.2019	20	30,7	36	35	40,4	
Pv	4 Vasen	9.7.2019	20	29,4	31,7	35,2	44,8	
Pv	3 Oikea	9.7.2019	20	28,8	32	35,3	42,2	
Pv	1 Oikea	9.7.2019	20	32,6	39	36,1	41,4	51,1
Auto	2 Vasen	9.7.2019	20	40,5	45,1	35,8	50	
Pv	3 Vasen	9.7.2019	20	30,5	32,8	36,2	46,3	
Pv	4 Oikea	9.7.2019	20	25,2	35,3	36,5	43,7	
Auto	3 Vasen	9.7.2019	20	39,9	41,4	29	33,5	
Auto	3 Oikea	9.7.2019	20	31,1	32,2	23,7	26,7	
Pv	2 Vasen	9.7.2019	20	34,5	37,7	39	47,5	
Auto	3 Vasen	9.7.2019	20	42,8	43,6	38,9	50,4	
Auto	3 Oikea	9.7.2019	20	38,9	40,2	41,4	49,9	
Auto	1 Oikea	12.7.2019	22	34,1	34,4	36,1	44	44,9
Auto	1 Vasen	12.7.2019	22	33	34,1	37,4	45,2	
Auto	2 Oikea	12.7.2019	22	40,5	45,2	36,4	44,5	
Auto	2 Vasen	12.7.2019	22	42	44,5	37	44,9	
Auto	3 Oikea	12.7.2019	22	43	43,4	39	52	
Auto	3 Vasen	12.7.2019	22	38,9	40	41,6	50,3	
Pv	3 Oikea	12.7.2019	22	28,8	32,5	31,7	42,6	
Pv	5 Oikea	12.7.2019	22	28,7	32,8	32,7	38,6	
Pv	2 Oikea	12.7.2019	22	30,8	36,4	33,1	39,9	
Pv	3 Vasen	12.7.2019	22	30,5	32,9	33,5	45,4	
Pv	1 Vasen	12.7.2019	22	34,5	38,6	33,9	40,5	43,3
Pv	4 Vasen	12.7.2019	22	29,5	30,9	34,1	44,7	
Pv	5 Vasen	12.7.2019	22	28,6	31	34,8	45,5	
Pv	1 Oikea	12.7.2019	22	32,7	39	36,2	42,1	51,1
Pv	4 Oikea	12.7.2019	22	30,6	36,2	38,4	41,9	40,8
Pv	2 Vasen	12.7.2019	22	34,5	38	39	47,5	
Auto	1 Vasen	13.7.2019	19	35,1	36,9	38,5	46,1	
Auto	1 Oikea	13.7.2019	19	33,2	34,6	40,8	50,3	
Auto	2 Oikea	13.7.2019	19	43,7	44,3	36	44,4	
Auto	2 Vasen	13.7.2019	19	43,6	44,5	35,4	40	
Auto	3 Oikea	13.7.2019	19	41,1	42,9	39,5	42,8	
Auto	3 Vasen	13.7.2019	19	38,8	39,8	37,7	41,7	
Pv	4 Vasen	13.7.2019	19	28,2	32,6	31,9	37,9	
Pv	5 Oikea	13.7.2019	19	30,5	32,8	32,6	36,3	
Pv	5 Vasen	13.7.2019	19	28	31,5	35,4	39,6	
Pv	1 Vasen	13.7.2019	19	33,4	40	36,8	36,6	44,1
Pv	4 Oikea	13.7.2019	19	30,3	34	37,1	38,2	51,8
Pv	3 Oikea	13.7.2019	19	31,8	33,5	37,5	42,4	
Pv	3 Vasen	13.7.2019	19	29,1	32,9	38	40,2	
Pv	2 Oikea	13.7.2019	19	33,5	36,9	39,2	45,4	
Pv	1 Oikea	13.7.2019	19	34,8	39,8	39,7	45,4	72,2
Pv	2 Vasen	13.7.2019	19	31,2	35,4	42,5	44,5	
Auto	1 Vasen	14.7.2019	17	38,6	40,9	35,3	46,4	73,8
Auto	1 Oikea	14.7.2019	17	35,8	38,5	37,1	42,7	75,1
Auto	2 Oikea	14.7.2019	17	44,5	53	35	35,9	

Auto	2 Vasen	14.7.2019	17	57	62,6	39,3	43,3	
Auto	3 Oikea	14.7.2019	17	41,3	43,7	37,3	37,5	49,1
Auto	3 Vasen	14.7.2019	17	45,6	47,7	40,5	50,9	55
Pv	5 Vasen	14.7.2019	17	28,7	33	32,8	32,9	60,6
Pv	1 Vasen	14.7.2019	17	29,5	34,7	33,4	38,8	72,7
Pv	5 Oikea	14.7.2019	17	32,5	40,2	34,4	38,6	56
Pv	2 Vasen	14.7.2019	17	30,6	36,8	36,4	36,6	59,4
Pv	4 Oikea	14.7.2019	17	32,3	38,5	38,5	39	85
Pv	3 Vasen	14.7.2019	17	30,7	37	40,4	44,7	54,6
Pv	3 Oikea	14.7.2019	17	32	35,8	41,2	45,2	50,8
Pv	1 Oikea	14.7.2019	17	35,5	39,3	41,4	45,1	46,8
Pv	2 Oikea	14.7.2019	17	36,1	39	41,6	47,5	78,9
Pv	4 Vasen	14.7.2019	17	36,8	52,9	42,3	35,2	125,7
Pv	2 Vasen	18.7.2019	25	46,5	39,3	28,1	37	64,8
Pv	3 Vasen	18.7.2019	25	35,7	33,4	33,8	37,4	58,6
Pv	2 Oikea	18.7.2019	25	39	34,1	34,7	37,3	55,3
Pv	3 Oikea	18.7.2019	25	38	35,8	35,2	45,4	67
Pv	4 Vasen	18.7.2019	25	30	35,9	36,3	36,8	63,7
Pv	1 Oikea	18.7.2019	25	33,9	34,2	36,5	37,2	52,2
Pv	5 Vasen	18.7.2019	25	36,3	34,1	36,8	37,5	62,5
Pv	1 Vasen	18.7.2019	25	31,5	31,7	37,1	36	58,6
Pv	4 Oikea	18.7.2019	25	41,7	39,9	38,5	46	69,6
Pv	5 Oikea	18.7.2019	25	37,1	42,6	40,6	50,3	52,4
Auto	1 Vasen	18.7.2019	25	43,4	45	41,6	58,9	
Auto	1 Vasen	18.7.2019	25	42,3	45,3	39,4	42,9	65,5
Auto	1 Oikea	18.7.2019	25	40,4	42,9	40,2	39	66,7
Auto	1 Vasen	18.7.2019	25	37,6	38	38,4	45,7	58,4
Auto	1 Oikea	18.7.2019	25	37,5	38,3	38,6	40,1	
Auto	1 Oikea	18.7.2019	25	37,3	38,1	38,3	45,2	
Auto	2 Oikea	18.7.2019	25	38,3	42,7	38,2	45,1	
Auto	2 Vasen	18.7.2019	25	38	42	38,6	48,4	
Auto	2 Oikea	18.7.2019	25	41	43,5	37,4	39,4	
Auto	2 Vasen	18.7.2019	25	44,3	45,9	40,5	45,1	
Auto	2 Oikea	18.7.2019	25	41,8	46	37,2	39,2	
Auto	2 Vasen	18.7.2019	25	45	47,9	40	41,2	
Auto	3 Oikea	18.7.2019	25	38,3	39	40,7	46,6	50,6
Auto	3 Vasen	18.7.2019	25	36,8	37,6	39,5	45,2	48,9
Auto	3 Oikea	18.7.2019	25	34	34,6	33,7	37,3	46,4
Auto	3 Vasen	18.7.2019	25	36,1	36,6	35,6	41,5	41
Auto	3 Oikea	18.7.2019	25	39,4	40,3	35,2	37,1	43
Auto	3 Vasen	18.7.2019	25	40,2	41,5	35	34,2	47,7
Pv	5 Oikea	23.7.2019	18	35,3	39,2	30,7	31,4	
Pv	3 Oikea	23.7.2019	18	33,2	37,1	31,2	32,3	
Pv	3 Vasen	23.7.2019	18	32,9	36,4	34	39	
Pv	5 Vasen	23.7.2019	18	40,3	47,1	35	28,8	
Pv	4 Oikea	23.7.2019	18	29,7	31,8	35,3	33,7	
Pv	1 Oikea	23.7.2019	18	33,4	37,2	35,3	44,3	
Pv	2 Oikea	23.7.2019	18	30,6	33	36,2	39,2	
Pv	4 Vasen	23.7.2019	18	37,2	44,9	37,3	31,3	
Pv	1 Vasen	23.7.2019	18	39,3	45	37,7	38,7	

Pv	2 Vasen	23.7.2019	18	33,4	37,7	43,4	47,7	
Pv	3 Oikea	23.7.2019	35	48,6	48,7	48,4	70,1	
Pv	5 Oikea	23.7.2019	35	49,6	50,4	49,4	62,5	59,6
Pv	1 Oikea	23.7.2019	35	47,5	47,5	49,8	68,3	
Pv	2 Oikea	23.7.2019	35	47,3	50,4	51	70,2	
Pv	3 Vasen	23.7.2019	35	41,3	48,2	51,9	57,9	58
Pv	2 Vasen	23.7.2019	35	40,8	49,6	52,9	57,5	
Pv	1 Vasen	23.7.2019	35	47,2	58,1	53,8	57,5	59,7
Pv	4 Vasen	23.7.2019	35	44,6	61,7	54,1	56,2	98,7
Pv	5 Vasen	23.7.2019	35	50,9	65,6	55,7	50	
Pv	4 Oikea	23.7.2019	35	44,1	49,4	56,4	68,5	72,3
Auto	1 Oikea	23.7.2019	35	58,1	61,3	50,2	64,5	130
Auto	1 Vasen	23.7.2019	35	54	59,7	50,6	58,3	130,2
Auto	2 Oikea	23.7.2019	18	43,4	41,5	39,3	43,9	
Auto	2 Vasen	23.7.2019	18	39,4	40,6	32,7	38,5	
Auto	1 Vasen	23.7.2019	18	34,7	36,2	32,4	36,1	
Auto	2 Vasen	23.7.2019	35	47,3	49,6	45,4	56,1	
Auto	1 Oikea	23.7.2019	18	34,2	35,2	33,3	40,5	
Auto	2 Oikea	23.7.2019	35	48,7	48,2	46,6	65,8	
Auto	3 Vasen	23.7.2019	35	45,5	47,7	43	51,3	79,1
Auto	3 Oikea	23.7.2019	35	48,9	48,5	45,4	59,2	68,9
Pv	3 Oikea	29.7.2019	17	24,7	30,4	26,9	26,4	34,4
Pv	5 Vasen	29.7.2019	17	27,3	36	27,6	27,8	
Pv	5 Oikea	29.7.2019	17	22,3	27,6	27,7	28	44,4
Pv	4 Vasen	29.7.2019	17	25,6	35,8	31,4	26	50,5
Pv	4 Oikea	29.7.2019	17	27,1	37,5	31,8	24,4	
Pv	3 Vasen	29.7.2019	17	28,5	39	31,8	26,6	44,4
Pv	3 Oikea	29.7.2019	23	28,7	35,5	32,8	36,9	38,7
Pv	5 Oikea	29.7.2019	23	26	38,1	33,2	35,2	38,1
Pv	5 Vasen	29.7.2019	23	35,5	43,1	33,4	37,1	
Pv	4 Oikea	29.7.2019	23	30,6	41,1	35,7	35,7	
Pv	3 Vasen	29.7.2019	23	35,5	46	35,9	38,1	
Pv	4 Vasen	29.7.2019	23	35,6	38,8	36,1	37,5	60,7
Pv	1 Oikea	29.7.2019	23	30,4	44	39,9	39,7	
Pv	1 Oikea	29.7.2019	17	32	50,8	41,4	36,6	
Pv	2 Vasen	29.7.2019	23	35,1	45,5	44,7	45	65,6
Pv	1 Vasen	29.7.2019	23	35,6	51,2	45,2	46,4	
Pv	2 Vasen	29.7.2019	17	33,3	49,3	46,5	34	90
Pv	2 Oikea	29.7.2019	23	33,4	50	47,1	43,1	
Pv	2 Oikea	29.7.2019	17	36,6	58,3	48,6	39,1	
Pv	1 Vasen	29.7.2019	17	34,8	58,9	48,9	32,2	
Auto	1 Vasen	29.7.2019	23	38,8	40	35,5	38,7	61,3
Auto	1 Vasen	29.7.2019	17	36,3	38,7	28,2	24	85,3
Auto	2 Vasen	29.7.2019	17	38,5	62,9	40,8	27,1	76,1
Auto	1 Oikea	29.7.2019	23	35	36,3	32,3	34,8	44,9
Auto	2 Oikea	29.7.2019	17	34,3	49,3	35,5	29	62,9
Auto	1 Oikea	29.7.2019	17	33,6	35,1	25,6	24,6	64,2
Auto	2 Vasen	29.7.2019	23	41,6	61,7	42	37,8	
Auto	2 Oikea	29.7.2019	23	34,2	49,5	35	38,8	
Auto	3 Vasen	29.7.2019	23	45,8	49,5	43,3	42,7	57

Auto	3 Oikea	29.7.2019	23	43,8	47,1	37,7	34,4	59,3
Pv	1 Oikea	1.8.2019	-1	10,7	12,8	12	13,8	16,9
Pv	2 Oikea	1.8.2019	-1	10,7	12,8	12,1	13,8	17,8
Pv	2 Vasen	1.8.2019	-1	11,1	14,6	12,2	10,1	
Pv	1 Vasen	1.8.2019	-1	12,6	17,1	14,2	13,2	
Pv	4 Oikea	1.8.2019	-1	12,7	17,3	14,6	10,5	17,6
Pv	5 Oikea	1.8.2019	-1	13,2	17,6	16	12,6	21,5
Pv	4 Vasen	1.8.2019	-1	14,6	20,4	16,4	10	22,4
Pv	5 Vasen	1.8.2019	-1	16,3	23,5	19,8	14,4	26
Auto	1 Vasen	1.8.2019	-1	25,9	27,2	19,2	16,2	49,4
Auto	1 Oikea	1.8.2019	-1	25,2	28,1	20,5	15,4	39,8
Auto	2 Vasen	1.8.2019	-1	24,1	28,1	18,1	12,8	
Auto	2 Oikea	1.8.2019	-1	25,8	29,1	18,8	12,8	32,7
Auto	3 Vasen	1.8.2019	-1	20,1	17,9	13,5	10,7	23,6
Auto	3 Oikea	1.8.2019	-1	20,2	22	14,2	12,2	26,9
Pv	1 Oikea	2.8.2019	16	28,3	27	31,3	40,1	41,2
Pv	5 Oikea	2.8.2019	16	27,7	25,9	31,4	36,1	43,3
Pv	3 Vasen	2.8.2019	16	30,7	29,2	31,6	32,9	47,7
Pv	4 Vasen	2.8.2019	16	29,9	27,1	31,7	33,9	49,1
Pv	2 Vasen	2.8.2019	16	29,8	29	32	39,4	47,6
Pv	5 Vasen	2.8.2019	16	25,2	23,8	32,4	36,4	40,1
Pv	1 Vasen	2.8.2019	16	29,5	25,9	32,4	34,9	51,9
Pv	4 Oikea	2.8.2019	16	22,5	25,2	32,6	36	48,6
Pv	3 Oikea	2.8.2019	16	29,6	28	34,2	37,4	45,6
Pv	2 Oikea	2.8.2019	16	32,1	30	34,5	37,2	46,5
Pv	4 Oikea	2.8.2019	16	21	37,6	34,6	39,9	45,1
Pv	5 Vasen	2.8.2019	16	29,8	38,2	35,8	34,9	51,8
Pv	5 Oikea	2.8.2019	16	33,3	40,6	36,3	41,7	58,6
Pv	3 Vasen	2.8.2019	16	31,3	38,9	37,4	37,6	
Pv	1 Vasen	2.8.2019	16	30,3	37,7	37,5	43,8	
Pv	2 Vasen	2.8.2019	16	29,8	35,8	37,9	44,8	
Pv	4 Vasen	2.8.2019	16	29,5	38,5	39,5	38,6	52,7
Pv	2 Oikea	2.8.2019	16	35,3	42,5	40,1	42,9	
Pv	1 Oikea	2.8.2019	16	36,5	43,9	40,5	49,7	
Pv	3 Oikea	2.8.2019	16	34,8	43,2	41,5	46,4	
Auto	1 Oikea	2.8.2019	16	38	42,1	42,5	42,3	94,7
Auto	1 Vasen	2.8.2019	16	34,2	36,8	34,4	42,5	94,7
Auto	2 Vasen	2.8.2019	16	34,8	38,8	32,9	42,8	
Auto	1 Oikea	2.8.2019	16	28,3	29,3	32,8	37,3	43
Auto	2 Oikea	2.8.2019	16	34,7	37,4	31,2	40,5	
Auto	1 Vasen	2.8.2019	16	25	25,1	34,5	42,2	45,8
Auto	2 Vasen	2.8.2019	16	38,9	45	31,5	36,4	
Auto	2 Oikea	2.8.2019	16	40,8	45,1	36,9	44,2	
Auto	3 Vasen	2.8.2019	16	29,5	30,4	35,2	39,7	61,3
Auto	3 Oikea	2.8.2019	16	34	35,2	36	48,1	48,9
Auto	3 Vasen	2.8.2019	16	34,2	36,5	32,2	37,4	44,2
Auto	3 Oikea	2.8.2019	16	37,5	39,9	35	39,2	66
Pv	5 Oikea	3.8.2019	22	30,2	31	27,4	34,2	61
Pv	3 Oikea	3.8.2019	22	30,8	29,4	29,7	34,8	57,1
Pv	1 Oikea	3.8.2019	22	27,9	29	31,2	35,2	59,9

Pv	5 Vasen	3.8.2019	22	30,2	31	33	34,6	71,5
Pv	3 Vasen	3.8.2019	22	34,4	37	33,1	37,3	52,4
Pv	4 Vasen	3.8.2019	22	34,1	37,2	33,2	32,1	50,2
Pv	4 Oikea	3.8.2019	22	24,5	31,3	33,7	33,9	67,6
Pv	2 Oikea	3.8.2019	22	29,6	31,5	34	35,2	65
Pv	1 Vasen	3.8.2019	22	33,5	35,7	36,3	42,4	59,6
Pv	2 Vasen	3.8.2019	22	33,4	34,7	38,2	39,8	45,5
Auto	1 Oikea	3.8.2019	22	29,5	31,1	33,5	36,5	58,5
Auto	1 Vasen	3.8.2019	22	26,9	27,7	30,9	44,4	
Auto	2 Vasen	3.8.2019	22	36,6	39,4	34,1	41,9	
Auto	2 Oikea	3.8.2019	22	34	38,2	30	38,2	
Auto	3 Vasen	3.8.2019	22	31	32,4	33,9	37,3	48,2
Auto	3 Oikea	3.8.2019	22	31,6	33,2	32,7	38,6	45,6
Pv	4 Oikea	9.1.2020	2	9	19,1	9,7	6,7	
Pv	5 Oikea	9.1.2020	2	6,6	15,2	10,5	7	55,9
Pv	4 Vasen	9.1.2020	2	7,5	12	11	8	57,7
Pv	5 Vasen	9.1.2020	2	5,7	13,9	11	8	65,1
Pv	3 Vasen	9.1.2020	2	5,6	15,1	11	6	83,9
Pv	2 Vasen	9.1.2020	2	6	14,4	11,5	18	55
Pv	3 Oikea	9.1.2020	2	6,8	15,7	11,5	7,9	79,6
Pv	2 Oikea	9.1.2020	2	6,5	14,2	12	13,2	58
Pv	1 Vasen	9.1.2020	2	6,3	15,3	12,2	14	59,3
Pv	1 Oikea	9.1.2020	2	8,4	17,1	13,7	14,6	64,8
Auto	3 Oikea	9.1.2020	2	21	25,2	12,3	14,4	77,2
Auto	3 Vasen	9.1.2020	2	15,4	25,4	10	11,2	67,2
Auto	1 Oikea	9.1.2020	2	39,3	50	26,6	24	129,7
Auto	2 Vasen	9.1.2020	2	17	37,7	13	19,2	
Auto	2 Oikea	9.1.2020	2	16,5	39,8	13	13	
Auto	1 Vasen	9.1.2020	2	30	31,3	20,4	20,2	130,3
Pv	2 Oikea	10.1.2020	-2	7,5	11,7	7,6	8,4	
Auto	1 Oikea	10.1.2020	-2	29,5	33,1	21,7	16,7	58,4
Pv	5 Vasen	10.1.2020	-2	5,4	5,8	7,7	7,5	30,4
Pv	4 Vasen	10.1.2020	-2	6	5,4	8,6	7,6	26,3
Pv	5 Oikea	10.1.2020	-2	6,7	8,8	9,3	10,2	
Pv	6 Vasen	10.1.2020	-2	12,6	14	9,8	7,8	49
Pv	1 Vasen	10.1.2020	-2	14	14	10	8,6	51,3
Pv	2 Vasen	10.1.2020	-2	15,4	14,4	10	7,5	39,8
Pv	1 Vasen	10.1.2020	-2	7,8	13,6	10,1	11,6	
Pv	4 Oikea	10.1.2020	-2	14,4	14,4	10,3	9,4	44,4
Pv	5 Oikea	10.1.2020	-2	14,4	14,7	11	8,9	35,3
Pv	2 Oikea	10.1.2020	-2	13,6	14,4	11,2	9,9	38,7
Pv	6 Oikea	10.1.2020	-2	12,7	12	11,4	9,3	38,4
Pv	1 Oikea	10.1.2020	-2	14,4	13,8	11,5	8,8	42,6
Pv	2 Vasen	10.1.2020	-2	7,2	16,1	12	15,6	78,4
Pv	1 Vasen	10.1.2020	-2	4,8	14,6	12,5	15,2	87,8
Pv	3 Oikea	10.1.2020	-2	18,7	25,7	13,6	15,2	
Auto	3 Vasen	10.1.2020	-2	29	32,4	18,8	10,6	88,7
Auto	3 Oikea	10.1.2020	-2	30,5	33,6	20,5	14,6	66,3
Auto	3 Vasen	10.1.2020	-2	15,9	18,1	11,8	13,8	40,3
Auto	3 Vasen	10.1.2020	-2	12,7	14,5	14,8	17,4	32,7



Auto	3 Oikea	10.1.2020	-2	15,5	17	16	16	32
Pv	1 Oikea	10.1.2020	-2	12,2	20,2	14,9	14	23,2
Pv	4 Vasen	10.1.2020	-2	7,5	15,2	15,4	21,8	
Pv	1 Oikea	10.1.2020	-2	11,4	17,5	15,4	18,3	60,7
Pv	4 Oikea	10.1.2020	-2	5,3	23	17,4	14,4	49,7
Auto	3 Oikea	10.1.2020	-2	17,4	19,9	13,9	13,7	31,1
Auto	3 Oikea	10.1.2020	-2	13,5	15,3	10,3	12,1	28,7
Auto	3 Vasen	10.1.2020	-2	14,4	16,7	13	13,9	26,4
Auto	1 Vasen	10.1.2020	-2	25,9	29,7	18,8	15,3	78,9
Auto	2 Oikea	10.1.2020	-2	20,3	27	18,9	25,7	
Pv	3 Vasen	10.1.2020	-2	13,5	27,7	17,7	19,6	46
Pv	3 Oikea	10.1.2020	-2	10,4	17,9	19,9	24,8	50,1
Pv	2 Oikea	10.1.2020	-2	16,3	33	19,9	22,3	
Pv	4 Oikea	10.1.2020	-2	16,9	30,8	22	30,5	44,1
Pv	2 Vasen	10.1.2020	-2	9,2	16	134	11,8	
Auto	2 Vasen	10.1.2020	-2	15,7	22,1	12,4	20,6	
Auto	1 Oikea	10.1.2020	-2	18,6	21,9	13,7	14,6	43
Auto	2 Vasen	10.1.2020	-2	33,3	37,6	16,2	18,4	
Auto	1 Oikea	10.1.2020	-2	17	20,7	13,8	15,4	51,3
Auto	2 Oikea	10.1.2020	-2	33	38,5	20,6	22,1	
Auto	2 Vasen	10.1.2020	-2	23,2	31,7	15,6	19,6	
Auto	2 Oikea	10.1.2020	-2	20,2	28	11,3	13,1	
Auto	1 Vasen	10.1.2020	-2	16,6	19,8	23,4	29,3	45
Auto	2 Oikea	10.1.2020	-2	19,4	22,5	19,5	29,8	
Auto	1 Oikea	10.1.2020	-2	18	19,5	26,8	34,4	57,7
Auto	2 Vasen	10.1.2020	-2	12,3	21,4	15,5	28,8	
Auto	2 Oikea	10.1.2020	-2	17,8	30	17,3	10,9	
Auto	2 Vasen	10.1.2020	-2	17,4	30,2	12,2	9	
Auto	1 Vasen	10.1.2020	-2	16,2	18,5	11,7	15,2	38
Auto	2 Vasen	10.1.2020	-2	31,4	35,7	16,6	19,1	
Auto	2 Oikea	10.1.2020	-2	28,5	32,5	21	25	
Auto	1 Oikea	10.1.2020	-2	17	18,3	15,2	23,2	52,3
Auto	1 Vasen	10.1.2020	-2	15,4	16,9	14,8	22,4	59
Auto	1 Vasen	10.1.2020	-2	12,5	16,7	11,8	15,2	31,5
Auto	1 Oikea	10.1.2020	-2	13,2	15,7	14,4	20	55,2
Auto	1 Vasen	10.1.2020	-2	10,1	11,3	11,6	19,4	58
Pv	4 Oikea	30.1.2020	3	2,8	5,6	3,5	2,1	31,7
Auto	1 Oikea	30.1.2020	3	16,8	18,7	13,3	11,4	40
Pv	5 Vasen	30.1.2020	3	2,4	5	3,7	2,1	29,5
Pv	5 Vasen	30.1.2020	3	3,7	6,7	3,8	8,8	
Pv	3 Vasen	30.1.2020	3	4,2	6,4	4,1	2,4	30,3
Pv	3 Oikea	30.1.2020	3	2,9	7,2	4,2	2,6	34
Pv	1 Oikea	30.1.2020	3	2,3	4,1	4,3	3,6	23,4
Pv	2 Oikea	30.1.2020	3	4	5,3	4,3	4,4	21,1
Pv	4 Vasen	30.1.2020	3	2,7	6,3	4,3	2,3	37,8
Pv	5 Oikea	30.1.2020	3	3,3	4,5	4,5	3,3	34
Pv	1 Vasen	30.1.2020	3	2,9	5,4	5,1	6,4	29,4
Pv	2 Vasen	30.1.2020	3	6	7,8	5,2	4,7	20,6
Pv	4 Oikea	30.1.2020	3	5,2	7,7	5,3	7	
Auto	3 Oikea	30.1.2020	3	12	13	9	6,7	26


Auto	3 Vasen	30.1.2020	3	13,4	14,9	10,6	8,3	27,8
Auto	3 Oikea	30.1.2020	3	10,9	11,5	9,5	6,1	24,9
Auto	3 Vasen	30.1.2020	3	10,3	11,1	8,8	6,7	20,6
Auto	1 Vasen	30.1.2020	3	16,7	18	13,3	11,7	37,7
Auto	2 Oikea	30.1.2020	3	13	15,9	8,1	6,4	
Pv	1 Vasen	30.1.2020	3	3,3	7,1	5,6	6,3	
Pv	3 Oikea	30.1.2020	3	5,2	10,5	6,5	7,8	
Pv	2 Oikea	30.1.2020	3	6,8	12,6	6,5	9,7	
Pv	5 Oikea	30.1.2020	3	4,3	6,4	6,7	10	
Pv	2 Vasen	30.1.2020	3	2,3	5,6	6,8	9,1	
Pv	4 Vasen	30.1.2020	3	5,8	13,8	7	11,5	
Pv	1 Oikea	30.1.2020	3	6,2	8	7,2	10,7	
Pv	3 Vasen	30.1.2020	3	7,3	17,5	8,3	7,3	
Auto	2 Vasen	30.1.2020	3	11,6	14,2	8,9	7,1	
Auto	2 Oikea	30.1.2020	3	12,4	16,8	10,2	9,4	
Auto	2 Vasen	30.1.2020	3	11,2	13,9	8,8	9,6	
Auto	1 Vasen	30.1.2020	3	13	14,4	11,9	18	24,1
Auto	1 Oikea	30.1.2020	3	11,3	12,3	11,6	15,2	22,7
Auto	1 Vasen	30.1.2020	3	13,2	14,4	12,4	17,9	38,6
Auto	2 Vasen	30.1.2020	3	11	17,3	8,5	9	
Auto	3 Vasen	30.1.2020	3	7,8	8,6	6,2	10,4	
Auto	1 Oikea	30.1.2020	3	14,4	15,7	13,6	16,1	39,3
Auto	2 Oikea	30.1.2020	3	15,6	22,3	12,7	16,2	
Auto	3 Oikea	30.1.2020	3	9,7	10,5	9,3	10	20,1
Pv	1 Vasen	30.1.2020	3	6,8	7,6	8,3	10,2	25,6
Pv	2 Vasen	30.1.2020	3	6,2	6,4	9,5	11	22,2
Pv	3 Vasen	30.1.2020	3	6,7	8,1	7	8,8	32,9
Pv	4 Vasen	30.1.2020	3	7,9	10,7	8,9	10	32,7
Pv	5 Vasen	30.1.2020	3	7	8,2	5,8	6,9	25,8
Pv	1 Oikea	30.1.2020	3	10,8	12,8	12,4	13,4	30,8
Pv	2 Oikea	30.1.2020	3	10,4	12,1	13,9	15,3	30
Pv	3 Oikea	30.1.2020	3	11,9	15,1	8	9,9	25,8
Pv	4 Oikea	30.1.2020	3	4,9	8,4	7,7	7	32,5
Pv	5 Oikea	30.1.2020	3	9,7	11,5	8,9	10,7	30,3
Pv	1 Vasen	30.1.2020	3	5	16,2	8,7	13,1	
Pv	2 Vasen	30.1.2020	3	5,5	19,3	11,6	8,9	
Pv	3 Vasen	30.1.2020	3	6,2	16,6	7,4	9	
Pv	4 Vasen	30.1.2020	3	5,4	13,1	6,1	11,6	
Pv	5 Vasen	30.1.2020	3	7,5	8,7	4,8	6,1	
Pv	1 Oikea	30.1.2020	3	7,3	15,1	9	10,5	
Pv	2 Oikea	30.1.2020	3	5,6	11,9	8	8	
Pv	3 Oikea	30.1.2020	3	6,5	15,8	5,7	5,4	
Pv	4 Oikea	30.1.2020	3	5,2	12,6	7,7	7,1	
Pv	5 Oikea	30.1.2020	3	7,1	11,6	6,1	8,2	
Auto	1 Vasen	30.1.2020	3	15,6	19,4	12,9	19	90,4
Auto	2 Vasen	30.1.2020	3	13,7	23,2	11,7	14,8	
Auto	3 Vasen	30.1.2020	3	12,6	14,9	10	13,5	39,9
Auto	1 Oikea	30.1.2020	3	20	24,6	18,2	20,5	90,3
Auto	2 Oikea	30.1.2020	3	14,4	22,6	15,3	20,6	
Auto	3 Oikea	30.1.2020	3	13,1	14,5	10,6	12,4	34,5

Pv	1 Vasen	30.1.2020	3	7,3	20,6	16,2	13,6	25,9
Pv	2 Vasen	30.1.2020	3	7,6	18,4	14,4	19	27,6
Pv	3 Vasen	30.1.2020	3	7,5	19,8	15,6	6,8	44
Pv	4 Vasen	30.1.2020	3	6,7	13,1	18,5	10,5	30,1
Pv	5 Vasen	30.1.2020	3	10,5	17,7	15,8	9,8	30,5
Pv	1 Oikea	30.1.2020	3	6,6	11,2	9,4	11,6	20
Pv	2 Oikea	30.1.2020	3	2,4	10	6,9	7,6	21,5
Pv	3 Oikea	30.1.2020	3	6,3	12,5	10,6	14,2	28,7
Pv	4 Oikea	30.1.2020	3	9,5	18,4	20	25,2	32,7
Pv	5 Oikea	30.1.2020	3	8,5	29,8	16	20,2	29,8
Auto	1 Oikea	4.2.2020	-5	21	24	18,7	22,2	87,7
Auto	1 Vasen	4.2.2020	-5	18,9	20,3	16,6	22,6	93
Auto	1 Vasen	4.2.2020	-5	15,1	20	12,2	26,8	74,2
Auto	1 Vasen	4.2.2020	-5	15,3	18,6	17,3	20	58,2
Pv	5 Vasen	4.2.2020	-5	3	11,4	4,5	7	
Pv	4 Oikea	4.2.2020	-5	2,1	7,4	4,7	9,8	
Auto	3 Vasen	4.2.2020	-5	2,9	2	7,2	0,5	10,3
Pv	5 Vasen	4.2.2020	-5	9,5	13,8	4,9	5,1	52
Pv	3 Oikea	4.2.2020	-5	5,5	12	6,8	9,4	40,5
Pv	4 Oikea	4.2.2020	-5	0	8,1	7,1	5,9	60,8
Pv	3 Oikea	4.2.2020	-5	3,1	11	7,8	12,3	46,4
Pv	4 Vasen	4.2.2020	-5	3,6	13,1	8,7	12	
Pv	5 Oikea	4.2.2020	-5	7,1	11,8	8,8	10,8	48
Pv	3 Vasen	4.2.2020	-5	9,8	14,7	8,9	7,9	64,6
Pv	2 Oikea	4.2.2020	-5	5,6	12,9	9,6	22,9	
Pv	5 Oikea	4.2.2020	-5	16	27,6	9,7	13,1	
Pv	4 Vasen	4.2.2020	-5	11,2	16,2	11,3	11,8	67,6
Auto	3 Oikea	4.2.2020	-5	4,9	6,3	2,5	1,7	14,4
Auto	3 Oikea	4.2.2020	-5	20,1	24	16,5	25,2	54,1
Auto	3 Vasen	4.2.2020	-5	14,1	17,6	14,7	25,6	33,2
Auto	3 Oikea	4.2.2020	-5	9,3	10,7	13,6	24	23,9
Pv	3 Vasen	4.2.2020	-5	5,6	7,3	11,4	12,9	30,5
Pv	3 Oikea	4.2.2020	-5	10	12,4	11,5	12,9	51,1
Pv	2 Vasen	4.2.2020	-5	8,7	16,6	11,6	15,8	
Pv	5 Vasen	4.2.2020	-5	3,4	9,4	11,7	14,7	
Pv	3 Vasen	4.2.2020	-5	5,5	17,2	11,7	16	
Pv	5 Vasen	4.2.2020	-5	7,5	12,3	11,9	11,7	43,3
Pv	1 Vasen	4.2.2020	-5	8,6	13,6	12,6	14,8	61,7
Pv	4 Vasen	4.2.2020	-5	-0,8	9,8	12,8	9,6	50,5
Pv	4 Oikea	4.2.2020	-5	14,9	16,3	13	14,8	51
Pv	5 Oikea	4.2.2020	-5	10,3	11,9	13,1	15,2	54,6
Auto	3 Vasen	4.2.2020	-5	13,3	14	16,2	22,4	25,9
Auto	3 Oikea	4.2.2020	-5	20,9	26,1	21,2	20,4	55,7
Auto	3 Vasen	4.2.2020	-5	31	39,4	25,1	19,3	75,9
Auto	3 Oikea	4.2.2020	-5	18,5	20,8	22,4	19	31,7
Auto	3 Vasen	4.2.2020	-5	21,4	23,7	23,2	22,3	31,2
Auto	3 Oikea	4.2.2020	-5	4,2	6,1	3,6	7,8	33,5
Pv	4 Vasen	4.2.2020	-5	4,6	11,6	13,4	12,1	
Pv	5 Oikea	4.2.2020	-5	5	13	13,4	10,5	19,3
Pv	2 Oikea	4.2.2020	-5	3,8	10	13,9	15,4	



Pv	2 Vasen	4.2.2020	-5	10,2	12,1	13,9	16,3	30,7
Pv	1 Vasen	4.2.2020	-5	3,8	11,2	14,4	18,1	
Pv	1 Oikea	4.2.2020	-5	5,5	12,6	14,5	16,6	
Pv	2 Vasen	4.2.2020	-5	7,7	11,6	14,6	18,6	54,1
Pv	1 Oikea	4.2.2020	-5	9,1	9,3	15,2	16,1	38,1
Pv	4 Oikea	4.2.2020	-5	6,8	14,2	15,4	11,5	24,1
Pv	1 Oikea	4.2.2020	-5	7	9,5	16,2	18,5	51,4
Auto	3 Vasen	4.2.2020	-5	6,6	8,2	5,6	11,9	
Auto	1 Oikea	4.2.2020	-5	13,4	16,4	17,5	29,5	80,5
Auto	1 Oikea	4.2.2020	-5	13,7	16,3	15,4	15,4	
Auto	2 Vasen	4.2.2020	-5	13,3	27,3	14,2	10,3	
Auto	2 Oikea	4.2.2020	-5	24,8	36,9	19,6	27,5	
Pv	1 Vasen	4.2.2020	-5	4,4	10,2	16,7	21,5	
Pv	3 Vasen	4.2.2020	-5	3,5	10,2	17,2	22,4	
Pv	2 Oikea	4.2.2020	-5	11,1	11,6	17,5	20,1	33,2
Pv	2 Vasen	4.2.2020	-5	7,8	15,9	18,3	20,5	
Pv	1 Vasen	4.2.2020	-5	4,8	5,2	18,5	21,1	32,6
Pv	2 Oikea	4.2.2020	-5	8,7	13,3	19,2	27,6	64,4
Pv	3 Oikea	4.2.2020	-5	9,9	16,2	19,5	15,3	24,1
Pv	1 Oikea	4.2.2020	-5	15,3	38,6	27,2	21,9	
Auto	2 Vasen	4.2.2020	-5	31,2	44,1	20,4	27,3	
Auto	1 Vasen	4.2.2020	-5	12,2	13,9	15,1	17,7	27,3
Auto	2 Oikea	4.2.2020	-5	16	24,9	7,8	19,5	
Auto	2 Vasen	4.2.2020	-5	13,5	18,2	11,4	23,6	
Auto	2 Oikea	4.2.2020	-5	15,8	31,6	19,2	23	
Auto	1 Oikea	4.2.2020	-5	8,7	10	10,7	22,9	25,5
Auto	2 Vasen	4.2.2020	-5	10,2	23,2	18,6	25,7	
Auto	1 Vasen	4.2.2020	-5	8,8	9,9	11,7	20,5	23,8
Auto	2 Oikea	4.2.2020	-5	16,2	20,2	17,6	20	
Auto	1 Oikea	4.2.2020	-5	8,5	9,6	14,1	14,8	23,3
Auto	2 Vasen	4.2.2020	-5	21,9	25,8	20,4	27,2	
Auto	1 Oikea	4.2.2020	-5	5,5	8,4	13,9	30,1	28,6
Auto	2 Oikea	4.2.2020	-5	12,1	16,6	8,2	16,2	
Auto	1 Vasen	4.2.2020	-5	6	8,2	15,4	25,2	25,2
Auto	2 Vasen	4.2.2020	-5	11	15	8,7	15,7	

## Liite 2. Jarrupöytäkirja Scania R 2018

*** DYNAMIC ***											Versio: dynamic 2.6.001r29					
Perustesti kuorma-auto																
KRS AUTO CENTER											2020-01-22 07:59					
AJONEUVON HALTUA											TESTAAJA					
											K.R					
AUTO KRB-513 SCANIA 2018 EBS																
AKSELI	1	2	3	4	5	YHT	1	2	3	4	5	6	YHT			
ALKUP.VAS/Bar	0.41	0.60	0.34			****										
ALKUP.OIK/Bar	0.37	0.43	0.36			****										
MAX.ERO.VAS/%	3	12	2			****										
MAX.ERO.OIK/%	3	12	3			****										
MAX.ERO.AKS/%	0	6	4			****										
LAAH.VAS/kN	1.1	1.8	0.6			****										
LAAH.OIK/kN	0.9	1.7	0.5			****										
LAAH.ERO/%	21	3	9			****										
JARRUV.VAS/kN	10.2	10.6	5.4			****										
JARRUV.OIK/kN	10.2	10.0	5.6			****										
OV-YHT/kN	20.3	20.6	11.0			****										
*ASK.PAIN/Bar	6.00	6.00	6.00			****										
LOPPUP/Bar	2.58	2.12	1.82			****										
MAX.VOIMA/kN	48.9	60.3	40.8			150.0										
AP/KRM/ton	7.50	11.50	7.50			26.50										
KUORMA%	65	52	54			56										
ALB_NUMERO	1	2	2			****										
ALKUP.DM/Bar						****										
MAX.VOIMA/kN																
AP/TJA/ton						0.00										
TYHJA%																
JOUSIKELLO 1/0	0	1	1			****										
JARRUV.VAS/kN		9.9	7.7			****										
JARRUV.OIK/kN		8.6	8.2			****										
VIPUVARSI/mm	0	0	0			****										
KELLOKOKO/"	24	24	24			****										
RAJA-ARVOT OHJEEN TRAFI/15383/03.04.03.00/2015 MUKAAN																
KALIBROINTI pvm 2019-08-21 J205/93																
HIDASTUVUUDET LASKETTU (MONIPISTE) MENETELMÄLLÄ HYVÄKSYTTY _ HYLÄTTY _																
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>KRS AUTO CENTER A-3 Drivemasterstad / Jarrukäyttö 120595 Kent Rosenbeck</p> </div> <div>  </div> <div> <p><i>Daniel Gjals</i> 22.1.2020 <i>Hyväksytty</i></p> </div> </div>																
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>VAKUUDEKSI</p> <p><i>[Signature]</i></p> </div> <div> <p>DANIEL GJALS 871 045</p> </div> </div>																

## Liite 3. Jarrupöytäkirja Ekeri 2000

*** DYNAMIC ***													Version: dynamic 2.6.001r29	
Sovitustesti vpv yhdistelmä														
KRS AUTO CENTER													2020-01-20 16:00	
AJONEUVON HALTIJA						TESTAAJA								
PROSI						K.R								
PERÄVAUNU WAY-344 EKERI 2000														
AKSELI	1	2	3	4	5	YHT	1	2	3	4	5	6	YHT	
ALKUP.VAS/Bar						****	0.38	0.37	0.46	0.38	0.43			
ALKUP.OIK/Bar						****	0.38	0.37	0.58	0.32	0.58			
MAX.ERO.VAS/%						****	3	3	10	2	8			
MAX.ERO.OIK/%						****	6	6	12	3	10			
MAX.ERO.AKS/%						****	5	8	21	14	24			
LAAH.VAS/kN						****	1.1	1.1	1.0	1.2	1.0			
LAAH.OIK/kN						****	1.1	1.1	0.9	1.0	0.9			
LAAH.ERO/%						****	2	1	9	16	7			
JARRUV.VAS/kN						****	8.9	7.3	8.8	7.7	6.1			
JARRUV.OIK/kN						****	7.3	8.0	5.2	6.6	4.7			
OV-YHT/kN						****	14.1	15.3	11.8	14.3	10.8			
LASK.PAIN/Bar						****	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00			
LOPPUP/Bar						****	2.01	2.22	2.28	1.88	2.07			
MAX.VOIMA/kN							45.2	44.1	31.8	46.2	33.3		200.7	
AP/KRM/ton							9.00	9.00	8.00	8.00	8.00		42.00	
KUORMA%							50	49	39	57	41		47	
ENN.VV/Bar 0.00							ENN.PV/Bar 0.04							
TYHJÄNÄ														
ALB_NUMERO						****	3	3	4	4	4			
ALKUP.DM/Bar						****	0.8	0.9	1.0	0.6	0.9			
MAX.VOIMA/kN							18.4	17.8	14.1	20.7	14.4		85.4	
AP/TJA/ton							2.90	2.90	2.60	2.60	2.60		13.60	
TYHJÄ%							83	61	54	79	55		62	
JOUSIKELLO 1/c						****	0	0	0	0	0			
JARRUV.VAS/kN						****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
JARRUV.OIK/kN						****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
VIPUVARSI/mm						****	10	10	10	10	10			
KELLOKOKO/"						****	20	20	16	16	16			
RAJA-ARVOT OHJEEN TRAFI/15393/03.04.03.00/2015 MUKAAN														
KALIBROINTI pvm 2019-08-21 J205/83														
HIDASTUVUUDET LASKETTU (M O N I T E) MENETELMÄLLÄ HYVÄKSYTTY __ HYLÄTTY __														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>KRS AUTO CENTER A. Rosenbergskalet Jarrukorjaamo J205/83 Kent Rosenback</p> </div> <div> <p>KRS AUTO CENTER</p> </div> <div> <p>HYVÄKSYTTY 27.1.2020 JENNA PEKKALA 31.1.2020</p> </div> </div>														